فسيولوجيا الأداء الرياضى
فى السباحـــة

إعداد
أستاذ دكتور/ محمد على احمد القط
أستاذ السباحة بكلية التربية الرياضية للبنين
جامعة الزقازيق

مراجعة
أستاذ دكتور/ حسين احمد حشمت
أستاذ الفسيولوجيا - بكلية الطب البيطرى
جامعة الزقازيق

تقديم
أستاذ دكتور/ عصام الدين محمد نور الدين
أستاذ الكيمياء الحيوية الطبية ووكيل كلية الطب
للدراسات العليا والبحوث جامعة الزقازيق

القاهرة
١٤٢٧هـ - ٢٠٠٦م

المركز العربى للنشر

فسيولوجيا الأداء الرياضى
فى السباحـــة

بسم الله الرحمن الرحيم

سَنُرِيهِمْ آيَاتِنَا فِي الْآفَاقِ وَفِي أَنفُسِهِمْ حَتَّى يَتَبَيَّنَ لَهُمْ أَنَّهُ الْحَقُّ أَوَلَمْ يَكْفِ بِرَبِّكَ أَنَّهُ عَلَى كُلِّ شَيْءٍ شَهِيدٌ (٥٣) صدق الله العظيم

سورة فصلت الآية (٥٢)



تقديم

للأستاذ الدكتور/ عصام الدين محمد نور الدين
أستاذ الكيمياء الحيوية الطبية ووكيل كلية الطب
لشئون الدراسات العليا والبحوث - جامعة الزقازيق

إن التطور سمة حضارية، نحن بحاجة إليه حتى لا نصاب بالجمود والتخلف، والعالم من حولنا فى تسارع مع الزمن من أجل هذا التطور، فيجب علينا ألا نكون فى موقع المتفرجين، بل يجب أن نعدو جادين حتى نلاحق هذا التطور، وخاصة فى المجال العلمى والأكاديمى.

ولن يتحقق هذا التطور إلا من خلال رؤية علمية تجعلنا نساير هذا التطور، وها هى الرؤية العلمية مطروحة علينا فى هذا الجهد المتميز فى مجال فسيولوجيا الرياضة والمتخصص فى إحدى فروعها وهى السباحة، وصاحب هذا الجهد يستحق منا كل التقدير والثناء لما بذله من جهد واضح ومميز.

وقد استطاع الأستاذ الدكتور/ محمد على القط بما لديه من علم ومعرفة وإطلاع على ما هو جديد أن يقدم للقارئ سواء أكان طالباً أو باحثاً أو مدرباً رؤى جيدة شاملة متعمقة فى مجال فسيولوجيا الرياضة التخصصية.

فشخص الدكتور/ محمد على القط جدير بالاحترام، فهو أحد الأساتذة الأفاضل الذين يتمتعون بالخلق والتواضع والعلم، فمنذ عرفته من خمسة وعشرون عاماً وأكثر، وأرى فيه نموذجاً طيباً يحتذى به الباحثون والمدربون، فقد كان جاداً ودؤوب ويسعى وراء المعرفة، حتى أصبح الآن فى رأينا فى مجال تخصصه عالماً نعتز به، ويحق لأهل التربية الرياضية أن يفخروا به.

ونحـن فـى المجـال الطبـى ينصب علمنـا علـى معالجـة المرضـى لمحاولـة العودة بالحالة الصحية إلى طبيعتها، وما من شئ يحافظ لنا على هذه الصحة ويبقيها فى أفضل صورها إلا الرياضة التى تقوى الأجسام وتحسن من وظائف أعضائها وتجعلها تقاوم المرض، وبالتالى تقل الحاجة إلى الطبيب، فالرياضة هى الآلاء التى تزين تاج الصحة، فما بالنا برياضة السباحة ... !!

إن هـذا الكتـاب بمـا يحتويـه مـن معـارف ومعلومـات عـن الطاقـة والاستجابات والتكيفات الفسيولوجية المصاحبة لرياضة السباحة وكذلك التغذية لما لها من دور فعال ومساهمة جيدة فى الارتقاء بالمستويات الرقمية فى ظل التخطيط الجيد لبرامج التدريب، سيكون بإذن الله تعالى إضافة للمكتبة المصرية والعربية فى مجال التربية البدنية والرياضة، وتمنياتى لشخص كاتبه التوفيق والسداد فى ظل رعاية الله ...،

والله الموفق،

أ.د/ عصام الدين محمد نور الدين
أستاذ الكيمياء الحيوية الطبية ووكيل
كلية الطب لشئون الدراسات العليا
والبحوث - جامعة الزقازيق

الإهداء

إلى ....

أسرتى الصغيرة

زوجتى وهيثم وهشام

إلى ....

أسرتى الكبيرة

زملائى بكليات التربية الرياضية

ومدربى السباحة

إلى ....

سباحى مصر والوطن العربى

شكر وتقدير

الشكر لله سبحانه وتعالى أولاً وأخيراً على عونه وتوفيقه حتى يخرج هذا الكتاب بهذه الصورة إلى النور، ويكون بين يدى القارئ من باحثين ومدربين وسباحين وأولياء أمور.

والشكر لكل من أمدنى بالتشجيع من أساتذتى وزملائى ومدربى السباحة.

والشكر لأستاذى الفاضل الأستاذ الدكتور/ **حسين احمد حشمت** على تفضله بمراجعة هذا الكتاب قبل طبعه، ولما أعطانى من وقته وفكره.

والشكر لصديقى العزيز الأستاذ الدكتور/ **عصام الدين محمد نور الدين** وكيل كلية الطب، على قبوله تقديم هذا الكتاب، وعلى تشجيعه الدائم لىّ.

أما التقدير ... فلكل من تعلمت على يديه حرفاً أو قرأت له مرجعاً أو سمعت منه رأياً علمياً سديداً.

لكل هؤلاء الدعاء، وجزاهم الله عنى خير الجزاء ......،

أ.د/ محمد على القط

المحتويات

الفصل الأول
الطاقة والأداء فى السباحة
Energy & Swimming Performance

رقم الصفحة

رقم الصفحة

الفصل الثاني

التأثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى

Physiological Effects of Training

رقم الصفحة

الفصل الثالث

الاستجابات الفسيولوجية للتمرين الرياضى

Physiological Responses to Exercise

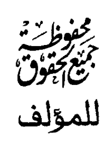
الفصل الرابع

التغذيــــة لسباحى المنافســــات

Nutrition for Competition Swimmers



رقم الصفحة




طبع في

المركز العربى للنشر



خلق الله ﷻ الإنسان فأبدع صنعه وجعله فى أحسن تقويم، وميزة على سائر خلقه، حيث منحه العقل والتفكير.

وعلم فسيولوجيا الرياضة من العلوم الهامة التى ترتبط بوظائف أجهزة الجسم، والتى تُزّيد من رؤية الإنسان لنفسه، فيزداد يقيناً بما وهبه الله من نعم، ويقول سبحان الله العظيم... !!!

ولاشك أن التطور المتسارع للعلوم والمعارف خلال العقود الأخيرة، جعل هناك حاجة ماسة لملاحقة هذا التطور، وخاصة فى علوم التربية البدنية والرياضة، حتى نحقق الارتقاء المنشود بالعملية التعليمية والعملية التدريبية، مما يؤثر إيجابياً على مستوى الأبحاث العلمية للدارسين ومستوى التخطيط للتدريب للمستويات العليا وخاصة فى مجال السباحة، وفى ذلك تحقيق للجودة التى تنشدها الدولة فى جميع المجالات فى السنوات الحالية.

ومن هذا المنطلق، أقدم هذا الكتاب للقارئ شاملاً على أربعة فصول، تتناول فى فصلها الأول الطاقة وأهميتها للأداء الرياضى للسباحين، والفصل الثانى والثالث يتعرضان للاستجابات والتكيفات التى تحدث فى جسم الفرد الرياضى نتيجة التمرين والتدريب، وأخيراً الفصل الرابع يتناول التغذية للسباحين، لما لها من دور فاعلٍ فى نجاح تنفيذ خطط التدريب الموضوعة وتحقيق أفضل النتائج فى المسابقات.



أ.د/ محمد على القط

الفصل الأول

الطـــاقة والأداء فى السباحـــة

Energy & Swimming Performance



الفصل الأول

الطاقة والأداء فى السباحة

Energy & Swimming Performance

لا شك أن قدرة الفرد الرياضى على السباحة من بداية حمام السباحة حتى نهايته تعتمد على الانقباضات العضلية، وتتحرر الطاقة اللازمة لهذه الانقباضات فى شكل عناصر كيميائية داخل العضلات، فتلك العناصر هى التى تجعلها تنقبض، لذا.. فإن الطاقة تمنح الفرد القدرة على السباحة أو ممارسة أى نشاط أو حركة، وبدونها فإن العضلات لا تستطيع أن تنقبض .

ويطلق على العمليات المعقدة التى تزود جسم الإنسان بالطاقة بعملية التمثيل الغذائى Metabolism . وخلال العقود الثلاثة السابقة، كانت المعلومات العلمية التى توفرت عن تمثيل الطاقة هى المسئولة بشكل كبير عن التطورات السريعة التى حدثت فى طرق التدريب الرياضى. وأصبح اهتمام العلماء فى دراساتهم العلمية مركزاً حول عملية التمثيل الغذائى وعلاقتها بالأداء، حتى يتم توجيه التدريب بشكل دقيق، وبالتالى يمكن الارتقاء بمستوى أداء الرياضيين.

مصادر الطاقة Energy Sources .

عرف العلماء الطاقة بأنها " القدرة على أداء العمل (الجهد)، وهناك أنواع عديدة للطاقة فى الكون الذى نعيش فيه، فمنها الطاقة الإشعاعية **Radiant Energy** ، الطاقة الحرارية **Heat Energy**، والطاقة الضوئية **Light Energy** ، الطاقة الكيميائية **Chemical Energy** والطاقة الميكانيكية **Mechanical Energy**. والقانون الأول للديناميكا الحرارية **Thermodynamics** يعرفنا أن كل أشكال الطاقة قابلة للتحويل لأى شكل آخر من أشكال الطاقة عندما تتطلب الحالة ذلك **Situation Demands**. (لينجر ١٩٧٣م *LEHNINGER*).



ونحن نعرف جميعاً أن المصدر الأساسى Ultimate Source لطاقتنا على الأرض هى الشمس، حيث تطلق الطاقة الإشعاعية إلى تربة الأرض. فعندما تنطلق الطاقة إلى المزروعات، فإنها تتحول وتخزن كطاقة كيميائية من خلال عمليات التمثيل الضوئى Photosynthesis. وعندما نأكل هذه المزروعات أو لحوم الحيوانات التى تأكل هذه المزروعات، فإننا نأخذ الطاقة منها إلى أجسامنا ونخزنها لاستخدامها فيما بعد، فكلاً من الزرع والحيوانات يخزنا الطاقة فى شكل كربوهيدرات ودهون وبروتين، وهذه الأغذية تخزن الطاقة كأجزاء من عناصر كيميائية مختلفة.

وتصبح الطاقة مصدر القدرة للعديد من الميكانزمات (الآليات) الفسيولوجية عندما تحرر من هذه المواد الكيميائية وتتحول إلى أشكال أخرى. ونحن نحول هذه الطاقة الكيميائية فى أجسامنا إلى طاقة كهربائية لنقل الحركة للاستثارات العصبية Nerve Impulses. كما نحولها إلى طاقة ميكانيكية تعطى القدرة للعضلات على الانقباض.

إن سرعة سباحى السرعة وقدرة سباحى المسافات المتوسطة والمسافة تظل عند سرعة محددة اعتماداً على قدرة أجسامهم على تحرير الطاقة الكيميائية وتحويلها إلى طاقة ميكانيكية تحقق الانقباض العضلى المطلوب للأداء الرياضى، وحيث أن الطاقة المتوفرة هى العامل الرئيسى الذى يسيطر على سرعة السباحين، فإن الغرض من التدريب يجب أن ينصب على إنتاج المزيد من الطاقة الكيميائية للعضلات وبمعدلات أسرع وكذلك استعادة الطاقة المفقودة من هذه العناصر الكيميائية بأسرع ما يمكن. فالتدريب يحقق ذلك من خلال عملية التكيف Adaptation، فعندما يستمر السباحون فى إنفاق كميات كبيرة من الطاقة وبمعدلات سريعة وفقاً لمتطلبات التدريب، فإن أجسامهم تخزن المزيد من المواد التى تكون الطاقة، وتتحرر الطاقة بسرعة أكبر عندما يحتاجون إليها أثناء السباقات، كما

أن هذه الأجسام تكتسب خاصية استعادة تكوين الطاقة بسرعة أكبر بعد نفاذها، بمعنى آخر.. فإن الميكانزمات الفسيولوجية تتكيف مع المتطلبات الخاصة وفقاً لمتطلبات التدريب حتى يتوفر المزيد من الطاقة لأداء المزيد من المجهود مع تعب أقل.

إن تلك التكيفات التى تؤدى إلى تحرر الطاقة واستعادتها متنوعة ومتشابكة وتختلف من وظيفة إلى أخرى، وتعتمد على المواد التى تحتوى على هذه الطاقة. فتحرر الأكسجين والعناصر الغذائية للعضلات وإعادة نقل ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك من هذه العضلات عن طريق الجهازين الدورى والتنفسى، وكل ذلك يرتبط بحركة هذه المواد داخل العضلات، وعلى تفاعل الأنزيمات داخل هذه العضلات والتى تساعد على تحرر وإعادة تكوين الطاقة.

وتقاس الطاقة بالسعرات Calories. ومحتوى الأغذية التى نتناولها من السعرات يشير إلى مقدار الطاقة التى نستخلصها منها، ومصطلح السعر الحرارى هو رمز " c" الصغير ويدل على أن هذه وحدات سعرية حرارية صغيرة، وكل ١٠٠ سعر يعادل واحد كيلو سعر حرارى، حيث يعادل ٤٢٦٫٨٥ كيلو جرام / متر. ومصطلح سعر حرارى بالرمز " C " الكبير، غالباً ما يستخدم كبديل لمصطلح كيلو سعر حرارى.

أشكال تخزين الطاقة فى الجسم Storage forms of Energy in the Body

تخزين الطاقة فى جسم الإنسان متحدة مع المكونات الكيميائية التالية:

١- أدينوذين ثلاثى الفوسفات ATP.

٢- كرياتين الفوسفات CP.

٣- الكربوهيدرات.

٤- الدهون.

٥- البروتين.

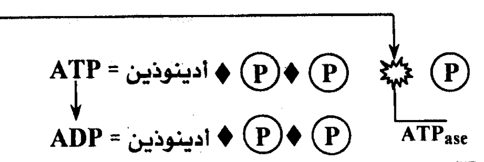
١) ثلاثى فوسفات الأدينوزين:

يتكـون الــ ATP مــن جــزيء بروتـين، وجــزيء أدينوذيــن وثــلاث جزيئات فوسفات. والتركيب الكيميائى تبينه المعادلة التالية:

ATP = Adenosine ♦ Ⓟ ♦ Ⓟ Ⓟ

ويعتبر الـ ATP هـو المصدر الوحيد للطاقة التى تحتاجها أجسامنا والتى تستخدم للانقباض العضلى، وجميع المكونات الكيميائية الأخرى تستخدم فقط لإعادة تكوين دورة ATP بعد استخدامه كطاقة للعمل العضلى. والطاقة الناتجة عن الـ ATP تصبح جاهزة لتحقيق الانقباض العضلى وفقاً لما يلى:

عندما تنقبض الألياف العضلية ينشط إنزيم ATP_{ase} Adenosine triphosphates ويـؤدى هـذا إلى تحرير جـزيء فوسـفات بعيـداً عـن مركـب الـ ATP، وفـى هـذه الحالـة تتحـرر الطاقـة ويتكون ثنـائى فوسـفات الأدينوذيـن ADP، وهو ذو جزئيين من الفوسفات وجزيء الإدينوزين. والشكل التالى يوضح ذلك.



♦ = رمز الطاقة

✹ = رمز الإنزيم

شكل (١) يوضح انقسام الطاقة وجزئ واحد من الفوسفات من الـ ATP، حيث يتحول إلى ADP.

ويوجـد فـى الأنزيمـات بروتينيـات قليلـة لهـا وظيفـة خاصـة فـى الجسـم، فكـل إنزيـم يلعـب دوراً فـى الآلاف مـن التفـاعلات الكيميائيـة التـى تحدث فى الجسم، فالأنزيمات تسرع من هذه التفاعلات دون استهلاك أو تغير فى هذه العملية.

فالـ ATP لا يمكـن انتقالـه للأليـاف العضليـة العاملـة مـن أجـزاء أخرى من الجسم. ومع ذلك، فإن الكمية الموجودة فى ليفة عضلية معينة تفقد

جزء من طاقتها وفوسفاتها والمصادر الأخرى من الطاقة خلال الليفة العضلية ذاتها وهى التى تعيد تكوينها مباشرة، وإلا لن تكون الليفة قادرة على تحرير الطاقة الكافية لاستمرار الانقباض العضلى. وتحتوى العضلات على القليل من الـ ATP (٦,٢ ملى مول / كيلو جرام من العضلة (**بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م .BONGSBO, et al) وهذه الكمية الضئيلة تنضب خلال الثوانى الأولى من التمرين الرياضى، وإذا لم يتم استعادتها بسرعة، فإن التعب الشديد يظهر بوضوح. (**بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م).

إن إعادة دورة الـ ADP وتحويلة إلى ATP مرة أخرى يتطلب جزىء فوسفات آخر وطاقة تجعل ذلك ممكناً. والمصادر الأخرى من الطاقة يمكن استخدامها للحصول على هذا الجزىء وهذه الطاقة، ويتم ذلك وفق أربع مركبات كيمائية داخل العضلة وهى:

١- فوسفات الكرياتين.

٢- الكربوهيدرات.

٣- الدهون.

٤- البروتين.

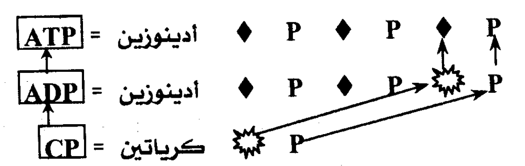
وتعمل الأنزيمات على تكسير هذه المواد مباشرة فى بداية التمرين حتى تستخدم طاقتها مباشرة فى إعادة دورة تكوين الـ ATP . وفيما يلى وصف دور كل من هذه المكونات الكيميائية فى إعادة تكوين دورة الـ ATP.

١) **الفوسفوكرياتين**: Creatine Phosphate.

يعتبر الفوسفوكرياتين CP فى شكله الكيميائى هو المصدر السريع للطاقة وجزىء الفوسفات اللازم لإعادة دورة تكوين الـ ATP، فهو يحتوى على جزىء فوسفات، وجزىء كرياتين، والطاقة التى تربط الجزيئين معاً. والتركيب الكيميائى له يكتب كما يلى:

CP = "كرياتين" C ♦ P "فوسفات"

وانزيم كرياتين كينيز Creatine kinase (CK) يعمل على تحفيز Catalyze عملية بانقسام جزيء الفوسفات من الكرياتين، حيث تتحرر الطاقة أيضاً والتى تضم هذين الجزيئين معاً. فالطاقة والفوسفات يتحدا حينئذ مع ثنائى أدينوذين الفوسفات ADP ليتكون الـ ATP . وانزيم الميوكينيز (mk) Myokinase هو الذى يتم هذا الاتحاد. فعملية إعادة تشكيل الـ ATP من الـ ADP و CP يوضحها الشكل التالى:



شكل (٢) إعادة تكوين الـ ATP من خلال انقسام كرياتين الفوسفات

إن عملية إعادة تكوين الـ ATP بالفوسفات والطاقة المأخوذان من الـ CP تتطلب خطوتين فقط هما :

١- تكسير الـ CP.

٢- اتحاد الفوسفات والطاقة الناتجة عنه مع الـ ADP (ثنائى فوسفات الادينوذين).

إن هاتين العمليتين يمكن أن تتما بسرعة لدرجة لا تحدث تأخير فى عملية استعادة الطاقة من الـ ATP . ووفقاً لذلك، فإن الفرد الرياضى يمكنه المحافظة على أقصى معدل للانقباض العضلى لأطول فترة ممكنة تجعل من الممكن إعادة تخزين الطاقة الناتجة من الـ ATP ، فالألياف العضلية السريعة (FT) تمتلك تركيزاً أعلى من هذه المكونات الكيميائية بالمقارنة بالألياف العضلية البطيئة (ST).

ومن الملاحظ أن كمية الفوسفو كرياتن التى يمكن تخزينها فى أياً من الألياف العضلية السريعة أو البطيئة كمية صغيرة جداً، ما بين ١١- ٢٣ ملى مول/كيلو جرام من العضلات الرخوة (لينّنجر ١٩٧٣م LEHNINGER).



ولكـن اسـتخدام الإنسـان لهـذا المركـب يشـمل حـوالى ٦٠٪ فقـط مـن مخزونـها مـن الفوسـفوكرياتين لإعـادة تكويـن الـ ATP (**بانجسـبو وآخـرون** ١٩٩٠م، **هينريكسـون** ١٩٩٢م HENERIKSSON) وذلـك قبـل أن تحـس الأجسام بنقص وبطئ عملية تكوين الـ ATP. ووفقاً لذلك، فإن استخدام الـ CP فى إعادة تكوين الـ ATP تستغرق حوالى ٤ -٥ ث فقط من زمن المجهود الكلى (**دى برامبرو** ١٩٧١م DI PRAMPERO) وعلى ذلك، فإن الأشخاص نتيجة ذلك يمكنهم المحافظة على أقصى معدل من الانقباض العضلى لمدة من ٤ – ٦ث فقط.

ويمكن استعادة القليل من الـ CP أثناء التمرين الرياضى لأن كل من الفوسفات المتوفر والطاقة سوف يكونا فى خدمة إعادة تكوين الـ ATP. ولكن عندما ينتهى التمرين ويتم إعادة تكوين كل الـ ATP، فإن جزيئات الفوسفات سوف تجدد الطاقة وتتحدد مع الكرياتين لاستعادة تخزين الفوسفو كرياتين بالعضلات.

وعندما يستهلك نصف الـ CP من العضلات، فإن الفرد الرياضى يعتمد على التمثيل الغذائى للكربوهيدرات والدهون والبروتين للحصول على الطاقة والفوسفات اللازمان لإعادة تكوين الـ ATP، ونتيجة ذلك، فإن معدل الانقباض العضلى يبطئ لان هناك العديد من الخطوات الإضافية المطلوبة لتحرير الطاقة من هذه المواد الغذائية. وفى غياب الفوسفوكرياتين الكافى، فإن معظم المصادر السريعة التالية للحصول على الطاقة والفوسفات تكون من الكربوهيدرات فى شكل جليكوجين مخزون فى العضلات.

٢) الكربوهيدرات: Carbohydrates

تتشكل الكربوهيدرات من سكريات ونشويات بسيطة، حيث يمكن استخدامها كمصادر للطاقة حتى تقوم أجهزة الجسم بوظائفها سواء أكان تمريناً بدنياً أو تفكيراً عقلياً. فالجلوكوز هو السكر البسيط المستخدم

لاستعادة دورة الـ ATP، فالأغذية التى تحتوى على السكريات البسيطة والمعقدة والنشويات تقلل الجلوكوز أثناء عملية الهضم Digestive Process .

وبعد أن تدخل مجرى الدم بعد تحولها إلى مركبات كيميائية فإنها تُحَمَّل لخلايا الجسم وتستخدم مباشرة للحصول على الطاقة أو تخزن لاستخدامها فيما بعد.

إن شكل تخزين الجلوكوز أصطلح على تسميته الجليكوجين. فالجسم يخزن الجليكوجين فى كلاً من العضلات والكبد. وكما أشرنا من قبل، فإن بعض من الجلوكوز المنتشر داخل الخلايا فى العضلات العاملة يمكن استخدامه أيضاً فى استعادة تكوين دورة الـ ATP مباشرة. وفيما يلى نستعرض بالتفصيل دور هذه المصادر الثلاثة للطاقة والتى تلعب دوراً فى استعادة تكوين الـ ATP .

أ- جليكوجين العضلة.

ب- جليكوجين الكبد.

جـ- الجلوكوز.

أ ـ جليكوجين العضلة: Muscle Glycogen

يتكون جليكوجين العضلة من سلسلة من جزيئات الجلوكوز، فهو المصدر الرئيسى للطاقة والفوسفات لإعادة تكوين الـ ATP فى سباقات السباحة القصيرة جداً (سباقات السرعة القصوى) لأنه يتوفر فى خلايا العضلة ولا يتطلب وقت حتى يتم نقله من الدم، ويعتبر جليكوجين العضلة هو المصدر التالى الأسرع للطاقة والفوسفات لاستعادة تكوين الـ ATP عندما يقل المدّ بالـ CP العضلة (الفوسفوكرياتين). وهذه العملية تحدث وفق الأسلوب التالى:

فعندما يبدأ التمرين الرياضى، فإن الجليكوجين المخزون فى العضلات يتحول مرة أخرى إلى جلوكوز وهذا الجلوكوز يتم تمثيله غذائياً فى

شكل سلسلة طويلة معقدة أصطلح على تسميتها بالجلكزة (تحلل السكر) Glycolysis، وتتحرر الطاقة والفوسفات اللازمان لإعادة تكوين الـ ATP بسرعة فى عملية تسمى بالجلكزة اللاهوائية (تحلل السكر لاهوائياً) Anaerobic Glycolysis، ولا يتطلب إتمام هذه العملية وجود الأكسجين. والعمليات الأطول أصطلح على تسميتها بالجلكزة الهوائية Aerobic glycolysis وهى التى تتطلب وجود الأكسجين، ويشير (**موجان وجليسون** ٢٠٠٤م MAUGHAN & GLEESON) أن الجليكوجين يتكسر وتنشط الجلكزة بسرعة خلال الثوانى الأولى للتمرين الشديد.

ب - جليكوجين الكبد وجلوكوز الدم: Liver Glycogen and Blood Glucose.

يحتوى الكبد على مخزون من الجلوكوز فى صورة جليكوجين والذى يمكن تمثيله وإرساله للعضلات عندما تحتاج للطاقة بعد أن يحوله مرة أخرى إلى جلوكوز قبل إرساله للعضلات، واستخدامه لتكملة الجليكوجين المخزون بها. إن عملية إعادة التحويل تتم حتى يحدث انخفاض فى عملية التزود بجلوكوز الدم لأقل من الحد الطبيعى.

لذا فعندما تنقبض العضلات وينتشر الجلوكوز الوارد من الدم داخلها، فإن جليكوجين الكبد سوف يتحول إلى جلوكوز ويدفع لداخل مجرى الدم ليستكمل Replenish نقص جلوكوز الدم.

ومن الشائع تسمية جلوكوز الدم بسكر الدم Blood sugar. فبعد إتمام عملية هضم الطعام يمتص الجلوكوز ليصب داخل مجرى الدم، وفى حالة الراحة، فإن جلوكوز الدم يرسل إلى العضلات والكبد، حيث يخزن فى صور جليكوجين. وعندما يتدرب السباحون، فإن الجلوكوز الموجود بالدم ينتشر داخل العضلات ويدخل فى عملية التمثيل قبل أن يبدأ فى التحويل إلى جليكوجين.

وهذا يوضح أن الجلوكوز الوارد من الدم أثناء التمرين يساعد الرياضيين فى المحافظة على مستوى الجلوكوز فى العضلات مرتفعاً.

ويشير العلماء أن نسبة مساهمة جلوكوز الدم في الطاقة المستخدمة خلال التدريب تبلغ من ٣٠٪ - ٤٠٪ من إجمالى حجم الطاقة المنفقة (فيلينج، وارين ١٩٧١م FELING & WAHREN). إن عملية تحويل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز الدم تكون بطيئة لمد العضلات بالطاقة لاستعادة تكوين الـ ATP عند سرعات السباحة السريعة أو حتى المعتدلة.

كما أن انتشار جلوكوز الدم داخل الخلايا العضلية يتطلب أيضاً فترة زمنية كبيرة حتى يمكن المحافظة على سرعات أداء السباحة السريعة، فى حين أن هذه العملية من المحتمل أنها تَمِد بمقدار صغير من الطاقة للرياضيين الذين يشاركون فى السباقات التنافسية الأطول. لذا فإن كلاً من جليكوجين الكبد وسكر الدم قد يستخدما فقط كإضافات للطاقة، وليس كبديل عن جليكوجين العضلات وذلك أثناء مراحل التدريب الطويلة فقط. ومع ذلك فإنهما يلعبان دوراً جوهرياً فى التدريب لأنهما يجعلان السباحون يستطيعون أداء المزيد من المجهود عند مستوى شدة أعلى قبل بداية ظهور التعب الناتج عن فقد الطاقة.

كما أن كلاهما – جلوكوز الدم وجليكوجين الكبد – يلعبان دوراً فاعلاً فى تعويض الجليكوجين بالعضلات أثناء فترة الاستشفاء التى تلى التمرين. هذا بالإضافة إلى أن الجلوكوز الموجود بالدم يمكن إعادة تحوله إلى جليكوجين يخزن فى الكبد عندما ينخفض مستوى المخزون منه. وهناك وظيفة هامة أخرى لجليكوجين الكبد وجلوكوز الدم وهى أنهما يعملان على المحافظة على مد المخ والأنسجة العصبية الأخرى بالقدر الكافى من جلوكوز الدم، فالخلايا العصبية مثل غيرها من الخلايا الأخرى بالجسم، تستخدم الجلوكوز من أجل الحصول على الطاقة، ولكن على خلاف الخلايا العضلية، التى تستطيع تخزينه كجليكوجين. ومع ذلك، فإنها تحتاج إلى التزود بمقدار ثابت من جلوكوز الدم.

٤) **الدهون : Fats**

والدهون أيضاً مصدراً هاماً للطاقة اللازمة لإعادة تكوين الـ ATP أثناء التمرين. ويتحرر من الدهون مزيد من الـ ATP بالمقارنة بالعناصر الغذائية الأخرى مثل الكربوهيدرات. حيث أن جزيء الدهون يمكنه أن يعيد تكوين ٤٥٧ جزيء من الـ ATP، بينما جزيء الجلوكوز يمكنه أن يعيد تكوين ٣٦ جزيء فقط من الـ ATP، ومع ذلك، فإن عملية تمثيل الدهون تكون هوائية بشكل تام Entirely،وهذا يعنى أن الطاقة المتحررة منها تكون بطيئة، ولا شك أن هذا غير ملائم Unfortunately للأنشطة السريعة أو متوسطة الشدة. هذا بالإضافة إلى أن هذا يتطلب تقريباً ضعف الزمن لتحرير الـ ATP. فهذا التحرر البطئ يجعل السباحون لا يستطيعون المحافظة على السرعة المطلوبة أثناء السباقات إذا ما اعتمدوا على هذا المصدر فقط للحصول على الطاقة، أو اعتبارها المصدر الرئيسى للطاقة لإعادة تكوين الـ ATP .

ونتيجة أن تحرر الطاقة من الدهون يكون بطيئاً – تقريباً ١٢ ملى مول / كيلو جرام – والتى تخزن فى العضلات لتكون متيسرة للاستخدام حين الطلب. فالكمية الأكبر من الدهون تخزن تحت الجلد كنسيج دهنى، ومعظم أجسام الرياضيون تحتوى على نسيج دهنى كاف للتزود بالطاقة للعديد من الأيام. ويشير العلماء أن المقادير الكلية من الطاقة التى توفرها الدهون تكون ما بين ٧٠,٠٠٠ – ١١٠,٠٠٠ كيلو سعر حرارى لدى البالغين قليلى الدهن (الأشخاص النحفاء). وعلى النقيض من ذلك، فإن الحجم الكلى من الطاقة التى توفرها كربوهيدرات الجسم المدخرة تكون أقل من ٢٠٠٠ كيلو سعر حرارى Kilocalories (**مك إردل، كاتش، كاتش ١٩٩٦م**).

دعنا عزيزى القارئ نفسر كيف تتم عملية الحصول على الطاقة من الدهون، التى تتحول للشكل الذى يساعد على تحرر الطاقة والفوسفات



اللازمـان لإعـادة تكويـن الـ ATP. فالـتراى جلسـرايد Triglycerides هـو الشـكل الـذى يخـزن بـه الدهـون بالجسـم، فـهو أولاً يتحـول إلى جلسـرايد Glycerol وثلاث جزيئات من الحمض الدهنى (الأحماض الدهنية الحرة FFA، وتسـمى هـذه العمليـة ليبوليسـيز Lipolysis (تحلـل الدهـون) قبـل أن تتحـرر الطاقة.

إن إنزيـم الليبـيز Lipase يحفـز Catalyze عمليـة التحويـل، وعندمـا يحدث التحول، فإن الدم ينقـل الجلسـرايد إلى الكبـد، حيـث يمكـن تحويلـه إلى جلوكوز وجليكوجـين. وفـى نفـس الوقـت، فإن الـدم ينقـل الأحمـاض الدهنيـة للأليـاف العضليـة العاملـة، حيـث يمكـن امتصاصـه Absorbed ونقلـة إلى الميتوكوندريـا. وبمجـرد وصولـه، فـإن الأحمـاض الدهنيـة التـى نقلـت إلى داخـل الميتوكوندريـا بمسـاعدة أنزيـم كـارنتين ترانسـفيراز (CT) Carnitinetrans ferase تعمـل على تحرر أجزاء من الكـربون أستيل Carbon acetyl فـى عمليـة تسـمى أكسـدة بيتا Beta Oxidation ويتحـد الأسـتيل مـع إنزيم A Coenzyme (حـرف الـ A يرمـز إلى حـامض الخليـك Acetic Acid) ليكون أستيل كوانزيـم A (استيل CoA) Acetyl - Coenzyme, A فـإنزيم أستيل COA هـو الذى يحفـز تركيـب عمليـة اتحـاد الاستيل مـع الكوانزيم A وعندئـذ يدخـل الاسـتيل CoA إلى دورة كريـس، حيـث يمكنـه أن يسـاهم فـى اسـتعادة دورة الـ ATP بنفـس الطريقـة التـى حدثـت للجليكوجـين. وبمجـرد دخولـه دورة كريـس، فـإن كـل جـزيء مـن الحمـض الدهنـى يمكنـه أن يكـون ١٤٧ جزيء من الـ ATP (**مك أردل، كاتش، كاتش ١٩٩٦م**).

إن النسيج الدهنى يمد بحوالى نصف المقدار الدهنى الذى يتم تمثيله للحصول على الطاقة أثناء التمرين. والدهن المخزون فـى الخلايا العضلية يمد بـالنصف الأخـر، فالأليـاف العضليـة البطيئـة هـى أفضـل مـا يلائـم لتمثيـل الدهون بالمقارنة بالألياف السريعة، لأن الألياف البطيئة تحتوى على مزيـد مـن الدهـن المخـزون فيـها، ولديـها مخـزون دم أكـبر، ويمكنـها نقـل دهـون إضافيـة

من النسيج الدهنى بسرعة أكبر . فالألياف البطيئة أيضاً لديها المزيد من الميتوكوندريا، حيث الدهون فى كلاً من الجهازين الدورى والعضلى يمكن تمثيلهما.

إن معدل تمثيل الدهون فى الألياف العضلية البطيئة يعادل ١٠ أضعاف معدل تمثيلها فى الألياف السريعة المناظرة لها بنفس العضلة. (**بروكس، فاهى** ١٩٨٤م BROOKS & FAHEY) ووفقاً لذلك، فإن سباحى المسافة الذين لديهم نسبة مئوية أعلى من الألياف العضلية البطيئة يستخدمون دهون أكثر أى جليكوجين عضلة أقل للحصول على الطاقة أثناء التدريب، لذا فسباحى المسافة يستنزفون جليكوجين عضلاتهم ببطء أكبر وهذا يعتبر أحد أسباب أن هؤلاء السباحون لديهم القدرة على تحمل التدريب الشديد للعديد من الأيام والأسابيع بالمقارنة بسباحى السرعة.

إن الدور الرئيسى الذى تلعبه عملية تمثيل الدهون لإعادة تكوين دورة الـ ATP لدى السباحين أثناء التدريب يتمثل فى أن هذه العملية تمد بكمية كبيرة من الطاقة أثناء الأداء لسباحة المجموعات التكرارية الطويلة ذات السرعات المعتدلة، لذا يقل معدل جليكوجين العضلة المستخدم فى عملية التمثيل ويتأخر ظهور التعب. وتشير الدراسات العلمية أن تمثيل الدهون يمد بـ ٣٠٪ - ٥٠٪ من إجمالى الطاقة المستخدمة أثناء التدريب الذى يستمر لمدة ساعتين (تدريب تحمل) (**البورج، هاجنفيلدر، وارين ١٩٧٤م** (AHLBORG, HAGENFELDER & WAHREN)

أما عملية التزود بالطاقة لأداء تكرارات من السرعة وتحمل السرعة فهذا شيء آخر. ونتيجة إن عملية تمثيل الدهون تتم ببطء شديد حتى تمدنا بالطاقة، لذا فإن مقدار صغير من الطاقة الناتجة من تمثيل الدهون يساهم فى أداء السباحة السريعة.

ووفقاً لذلك، فإن مساهمة الدهون فى استعادة تكوين الـ ATP تنخفض كثيراً عندما يسبح السباحون عند سرعات تقترب من أو تتخطى

عتبتهم الفارقة اللاهوائية. ومع ذلك، فإن معظم الطاقة اللازمة لهذه السرعات تأتى من الجليكوجين والجلوكوز.

ويجب أن نتذكر أن مقدار الطاقة الناتجة من الجليكوجين العضلى تقل كلما استمر التدريب، لأن مخزون العضلات من الجليكوجين يقل إلى حد كبير بعد الساعة الأولى من التدريب. ويشير **موجان وجلسيون** ٢٠٠٤م أن تدريب التحمل يزيد من أكسدة الدهون التى تساهم فى مد العضلات بالطاقة أثناء التمرين الأقل من الأقصى وبالتالى يقل تراكم اللاكتيك.

٥) البروتينات: Proteins .

يعتبر البروتين من العناصر البنائية الأساسية **Basic structural elements** التى ترتبط بشكل اساسى بإصلاح **Repair** وإعادة بناء الأنسجة، كما يرادف **Synonymous** استخدام البروتينات لتحسين عنصر القوة فى اللياقة البدنية. إن العديد من مكونات بناء العضلات التى ترتبط بالتمثيل الهوائى تعتمد فى بنائها على البروتين. ومصدر هذه المكونات هو الميتوكوندريا حيث تحدث عملية التمثيل الهوائى. كما أن الهيموجلوبين والميوجلوبين هما اللذان يحملان الأكسجين للدم والعضلات، كما أن بناء وتكوين الإنزيمات والهورمونات يعتمد أيضاً على البروتينات. كما أن البروتين هو واحد من مكونات معظم المنظمات **Buffers** الهامة فى الجسم.

ووفقاً لذلك، فإن البروتينات تلعب دوراً فى تنظيم التوازن بين الأحماض والقلويات فى سوائل الجسم خلال أداء الفرد للتمرين الرياضى.

ويدخل فى تركيب البروتينات الكربون **Carbon** والهيدروجين **Hydrogen** والنتروجين **Nitrogen**. وتترتب هذه المكونات فى تشكيلة وبطرق معينة لتكون اتحاد كبير من الأحماض الأمينية. والجسم لا يخزن البروتين فى مخازن، ولكنها جميعها تتكون فى الجسم كأجزاء هامة من الأنسجة والدم والهرمونات والأنزيمات. وهذه المكونات الداخلة فى بناء الجسم والتى

تحتوى على هذه الأحماض الأمينية تخضع باستمرار لعملية التكسير وإعادة البناء.

بجانب ذلك، فهناك وظائف أخرى للبروتينات، فالبروتينات يمكنها إعطاء مقدار صغير من الطاقة لإعادة تكوين الـ ATP أثناء التمرين الرياضى. ويحدث ذلك عندما ينتقل بعض من النتروجين من بعض الأحماض الأمينية بشكل مبدئى وتتحول إلى بروتينات أخرى لتكوين أحماض أمينية أخرى جديدة. والبروتينات الكربونية التى تتبقى من الأحماض الأمينية القديمة يمكنها عندئذ أن تتحول إلى أستيل كولين (CoA) لدرجة انها يمكنها أن تدخل دورة كريس حيث تمثَّل غذائياً لتمد بالطاقة بنفس الطريقة كجلوكوز.

إن استعادة تكوين الـ ATP من البروتين بطيئة، كما هو الحال فى الدهون، فعملية التمثيل الهوائى للبروتينات تتم من خلال العديد من الخطوات قبل أن تتكسر البروتينات الكربونية إلى أحماض أمينية تصل فيما بعد إلى دورة كريس ونتيجة أنها عملية بطيئة إلى حد بعيد، فإن تمثيل البروتين لا يساهم بأى مقادير أساسية للطاقة أثناء المنافسات، ولكنها تساهم وفقاً لما ذكره (**مك أردل ، كاتش، كاتش** ١٩٩٦م) بنسبة مئوية ما بين ١٠٪ - ١٥٪ من إجمالى الطاقة التى تستخدم لفترة تدريبية مدتها ساعتين.

ولذلك، فعلى الرياضيين أن يحافظوا على قدر كاف من الجلوكوز والجليكوجين فى عضلاتهم أثناء التمرين، حتى لا تتجه تلك العضلات إلى استخدام مقادير كبيرة من البروتين للحصول على الطاقة، مما يجعل العضلات تفقد جزء من بروتينها، وبالتالى تفقد جزءً من قوتها وقدرتها على التمثيل الغذائى.

ومن الشائع، أنه فى حالة استخدام مقادير ضئيلة من البروتينات للحصول على الطاقة، فإنه بشكل عام يمكن استعادتها خلال فترة الليل، لذا فإن

التكيف مع التدريب لن يكون له تأثيرات عكسية. ولكن عندما يكون تدريب الرياضيين فى توقيت يكون فيه مخزون العضلات العاملة من الجليكوجين قليل، فإن التأثيرات العكسية فى هذه الحالة تصبح ذات تأثير. ومثال لذلك، إذا كان جليكوجين العضلات قليل نتيجة تدريب سابق، فإن كمية الطاقة المتحررة من تكسير البروتين يمكن أن تزيد من ١٥٪ إلى ٤٥٪ (**مك إردل، كاتش، كاتش** ١٩٩٦م).كما أن الطاقة الناتجة من استعادة تكوين الـ ATP من البروتينات سوف تزيد أيضاً بشكل كبير أثناء التدريب المستمر الطويل إذا كان الجليكوجين المخزون فى العضلات والكبد قد نضب.

ويجب أن نعلم أنه عند تمثيل البروتين للحصول على الطاقة، فإن جزيئات النتروجين المتبقية فى الأحماض الأمينية إلى استخدمت فى التزود بالطاقة لإعادة تكوين الـ ATP يجب أن يتخلص منها الجسم. وفى جسم الإنسان نجد أن النتروجين يظهر (يفرز) فى البول كيوريا. ولهذا السبب، فإن بعض الباحثون يعتقدون أنه يمكن استخدام ظهور اليوريا فى البول كمؤشر على زيادة استخدام البروتين كطاقة.

مراحل تمثيل الطاقة: Stages of Energy Metabolism.

إن الجسم البشرى يعيد دورة الـ ATP مستخدماً ثلاث انظمة بيوكيميائية مختلفة، اثنين منها لا تتطلب الأكسجين وتعتبر لاهوائية، والنظام الثالث هو الذى يستخدم الأكسجين، لذا فإنه يسمى بالنظام الهوائى، وهذه الأنظمة ظهر لها العديد من المسميات. فابسط وأسرع الأنظمة هو النظام اللاهوائى الذى اصطلح على تسميته بنظام الـ ATP - CP أو نظام إعادة دورة الـ ATP أو بالنظام الخالى من الهواء Nonaerobic أو بالنظام اللالكتيكى.

إن هذه المصطلحات المتعددة استخدمت للتفرقة بين هذا النظام والنظام اللاهوائى الأخر، وهو نظام التمثيل اللاهوائى للطاقة، وسمى أيضاً بنظام اللاكتيك، أو بنظام الجلكزة اللاهوائية. ويفضل **ماجلشو** ٢٠٠٣م استخدام

مصطلح "التمثيل اللاهوائى Anaerobic Metabolism أما المرحلة الأخيرة من التمثيل الغذائى، والتى تتطلب الأكسجين، فسميت بالنظام الهوائى أو التمثيل الهوائى أو الجلكزة الهوائية، ويفضل **ماجلشو** مصطلح التمثيل الهوائى.

إن جميع هذه الأنظمة تعيد تكون الـ ATP بمعدلات سرعة مختلفة. وكما ذكرنا من قبل، فإن نظام ATP-CP هو أسرع هذه الأنظمة الثلاثة، والجلكزة اللاهوائية هو النظام الأسرع الذى يليه، والتمثيل الهوائى هو أبطء هذه الأنظمة. وإن معدل استعادة دورة الـ ATP بالتمثيل اللاهوائى تعادل تقريباً نصف معدل نظام الـ ATP-CP، ومن ناحية أخرى، فإن معدل استعادة الـ ATP بالتمثيل الهوائى يعادل النصف بالمقارنة بالتمثيل اللاهوائى.

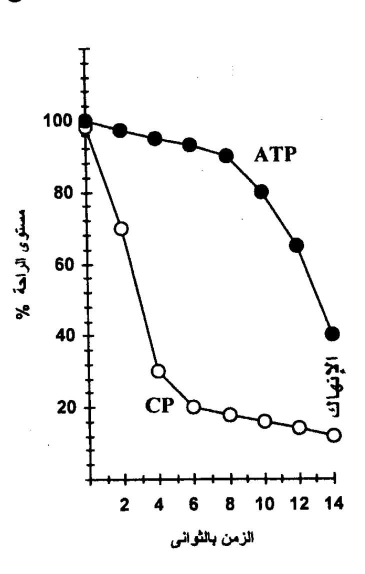
أ ـ نظام الـ ATP – CP

إن مرحلة الـ CP – ATP من عملية التمثيل تعرف بأنها أسرع عملية لإعادة تكوين الـ ATP من خلال تكسير الـ CP (الفوسفوكرياتين). فعندما تحفز الأعصاب الألياف العضلية لتنقبض، فإن خيوط البروتين Protein filaments لهذه الليفة – المايوسين والأكتين – تتحدد، وهنا ينشط إنزيم ATPase فهذا الإنزيم يساعد فى انشطار جزيء من الفوسفات الرابط من مركب الـ ATP .

والطاقة المنطلقة من هذه العملية الكيميائية تستخدمها الألياف العضلية لتحقيق عملية الانقباض العضلى، وتتم هذه العملية بسرعة كبيرة لدرجة أن هذا الانقباض يمكن أن يحدث مباشرة، كما يمكن أن يكون هذا الانقباض بأقصى قوة، ومع ذلك، فإن نظام الـ CP – ATP لا يحدد المقادير الإجمالية من القوة التى تخرجها العضلة، وعوضاً عن ذلك، فإن عدد الألياف التى تنقبض فى أى فترة زمنية هى التى تحدد المقدار الاجمالى للقوة التى تنتجها العضلات القائمة بالمجهود.

إن إنشطار الـ ATP يحرر Liberate ٧.٣ سعر حراري من الطاقة الكيميائية (**مك أردل، كاتش، كاتش ١٩٩٦**). فبعض من هذه الطاقة يتحول إلى طاقة كيميائية تستخدمها العضلات في انقباضها، وفي حالة الراحة تتحول إلى طاقة حرارية Heat Energy. فالنسبة المئوية من الطاقة الإجمالية المستخدمة للمجهود هي التي تحدد فعالية هذا المجهود، فإذا كانت فعالية السباح في أداء السباحة الحرة تبلغ ١٤٪ فإن هذه النسبة فقط من الطاقة الكيميائية تتحرر لتستخدم لأداء الانقباض العضلي، بينما الـ ٨٦٪ المتبقية تتحول إلى طاقة حرارية (**برندرجت وآخرون** ١٩٨٦م PRENDERGAST).

وتقر بعض الدراسات أن الألياف العضلية لدى الإنسان تتضمن قدراً كافياً من الفوسفوكرياتين لإعادة دورة الـ ATP لمدة من ١٠ – ١٥ث، وهذا يوضح أن حوالي نصفه فقط يمكن أستخدمه في التحول السريع للـ ADP (ثنائي فوسفات الأدينوذين) إلى ATP (ثلاثي فوسفات الأدينوذين) قبل أن يتكون حمض اللاكتيك (**دي برامرو** ١٩٧١م DI-PRAMERO). ومع ذلك وكما ذكرنا من قبل، فإن الألياف العضلية تستطيع أن تنقبض عند أقصى معدل من السرعة لمدة ٤-٦ث فقط، لأن الـ CP الموجود بالعضلة يقل على مرحلتين، حيث ينخفض بسرعة خلال ٤-٦ث الأولى من المجهود، ثم تكون أكثر بطئاً فيما تبقى من السباق(**هاسون، بارنز** ١٩٨٦م HASSON BARNES) والشكل التالي يوضح هذه العملية.



شكل (٣) يوضح نموذج للـ ATP، CP المستخدم خلال سباقات السرعة القصيرة

إن معظم الطاقة التى تعيد تكوين الـ ATP يتم التزود بها عن طريق الـ CP خلال الثوانى الأولى فقط من التمرين الرياضى. ثم يصبح جليكوجين العضلة هو المصدر الأكبر والأكثر مساهمة فى المد بالطاقة. ففى خلال ١٠ ث من المجهود، فإن إعادة تكوين الـ ATP يشارك فيها بالتساوى كلاً من الـ CP وجليكوجين العضلة، ثم بعد حوالى (٥ث) أخرى من المجهود يصبح جليكوجين العضلة هو المصدر الرئيسى للطاقة اللازمة لإعادة تحرير الـ ATP، مع استمرار مساهمة الـ CP بمعدل ثابت. وبعد ٢٠ ث من التمرين، فإن مساهمة الـ CP فى إعادة تحرر الـ ATP تصبح ضئيلة Negligible (**جرنيهاف، تيمونز ١٩٩٨م** GREERIHAFF & TIMMONS) ويشير (**رون موجان، ميشيل جليسون ٢٠٠٤م** RON MAUGHAN & MICHAEL GLEESON) أن تدريب السرعة لا يزيد من تركيز مركب الـ ATP – CP فى العضلات.

ب - التمثيل اللاهوائى: Anaerobic Metabolism.

بعد بداية السباق بـ ٥ ث تقريباً وحتى يستمر السباق، فإن جليكوجين العضلة يصبح هو المصدر الأساسى للفوسفات والطاقة اللازمان لاستعادة تكوين الـ ATP. وتمر هذه العملية بمرحلتين المرحلة الأولى لاهوائية ويتحرر فيها الطاقة والفوسفات بسرعة، بينما المرحلة الثانية هوائية وفيها يكون استعادة دورة الـ ATP بمعدل أبطء. ويمكننا أن نستعرض المرحلة الأولى بالتفصيل خلال السطور التالية.

إن مصطلح التمثيل اللاهوائى هو مصطلح شائع الاستخدام عندما نرجعها إلى مرحلة التمثيل. ومع ذلك فميكانزم هذه العملية يشير إلى الجلكزة اللاهوائية، لأنها تمر من خلال الخطوات الأولى من عملية التمثيل الغذائى والتى تبلغ إحدى عشر خطوة لتمثيل جليكوجين العضلة وتحوله إلى جلوكوز، وفى النهاية إلى بيروفيك أو حمض لاكتيك.



إن معدل استعادة دورة الـ ATP بهذه العملية يمثل حوالى نصف نظام الـ CP – ATP ، لذا، فإن السرعة والقوة العضلية ستصبح بالضرورة أبطء وسيكون الفرد الرياضى غير قادر على المحافظة على السرعة القصوى عندما تصبح هى المصدر الرئيسى للطاقة مما يجعل بشكل جوهرى قدرة الفرد المنطلقة تقل بنسبة ٣٥٪ بعد الـ ٥ ث الأولى من التمرين الرياضى عندما تكون الجلكزة اللاهوائية قد أصبحت هى المصدر الرئيسى للطاقة اللازمة لاستعادة تكوين الـ ATP (هولتمان، سجوهولم ١٩٨٦م HULTMAN & SJOHOLM).

وهناك مجموعة من الأنزيمات تلعب دوراً فى عملية تحفيز الجكلزة اللاهوائية وتتحكم فى معدلاتها. فتدريب السرعة يزيد من نشاط هذه الأنزيمات وبالتالى زيادة معدل الجلكزة اللاهوائية.

وفى معظم الحالات، فإن عملية الجلكزة تبدأ بتحول جليكوجين العضلة إلى جلوكوز، ويُحَفِّز هذا الإجراء عن طريق إنزيم منشط وهو فوسفوريليز Phosphorylase وبعد ذلك تتم عملية تمثيل الجلوكوز خلال ١٠ خطوات مرحلية، تنتهى بتكوين حمض البيروفيك من الفوسفوفينيل بيروفات Phosphophenyl pyruvate. ثم يتحول هذا المركب مباشرة إلى بيروفات Pyruvate ($C_3\ H_4\ O_3$) وذلك عن طريق فقد أيون واحد من أيونات الهيدروجين. ويقوم إنزيم بيروفيك كينيز Pyruvate Kinase بتحفيز هذه العملية. وتؤثر هذه العمليات فى البروتوبلازم (كيتوبلازم Cytoplasm) فى الخلية العضلية، وكما أشرنا من قبل، فهذه العمليات لا تتطلب أكسجين.

إن أيونات الهيدروجين (H^+) تتحرر أيضاً باستمرار من الجلوكوز فى مرحلة مبكرة فى عملية الجلكزة اللاهوائية. فالمرحلة اللاهوائية فى الجلكزة تنتهى مع تكوين البيروفيك وأيونات الهيدروجين. وعند هذه النقطة، فإن كلاً من تلك المواد سوف تستمر فى عملية التمثيل فى المرحلة الهوائية للجلكزة إذا كان الأكسجين المتوفر كافياً لإتمام هذه العملية.

ومع ذلك، فعندما يكون الأكسجين المزود به غير كاف، وهذا ما يحدث دائماً فى حالة أداء السباحة الشديدة، فإن بعض من حمض البيروفيك وأيونات الهيدروجين سوف تتحد لتكون حمض اللاكتيك.

ويأتى إنزيم لاكتيك دى هيدروجينيز **Lactate Dehydrogenase** (لاكتات نازعة الهيدروجين) وعلى الأخص الشكل العضلى من هذا الأنزيم حيث أن هذا الأنزيم له شكلان عضلى وقلبى، لتحفيز هذه العملية.

وحمض اللاكتيك هذا، يجعل الـ PH فى الخلايا العضلية يقل عن مستواه الطبيعى فى حالة الراحة وهو ٧,٠، ويجعل ما بداخل الخلية حمضى، وعندما يتراكم اللاكتيك فى العضلات، وهو حمض، فتحدث حالة تعرف بالحمضية **Acidosis** ويعتقد أن عملية الحمضية هى السبب الرئيسى للتعب فى جميع السباقات التى تستغرق فترة زمنية أطول من ٢٠ - ٣٠ث. ويشير **رون موجان وميشيل جليسون ٢٠٠٤م** أن تدريب السرعة يحدث تغيرات فى نشاط الإنزيمات العضلية الخاصة بعملية التمثيل اللاهوائى تصل ما بين ٤٠-٥٠٪.

جـ - التمثيل الهوائى: Aerobic Metabolism.

عندما يكون الأكسجين المتوفر كافياً، فإن الناتج النهائى للجلكزة اللاهوائية وهو البيروفيك وأيونات الهيدرجين، سوف يدخلا المرحلة الهوائية لنفس هذه العملية، حيث يمكن تمثيلهما للحصول على الطاقة اللازمة لتحرير الـ ATP. فأيونات الهيدروجين يمكنها المساهمة بالمد بالطاقة لإعادة دورة الـ ATP عندما تنقلها الأكسدة فى سلسلة الانتقال الإلكترونى **Electron Transport Chain**، والبيرفيك يمكن أن يمد بالفوسفات عند تمثيله فى دورة كربس.

وفى الغالب، فإن الجلكزة الهوائية تعتبر طريقة فعالة لاستعادة دورة الـ ATP لأنها لاتنتج أى نواتج نهائية حمضية تسبب التعب لأن التمثيل

الهوائى ينتج ثانى أكسيد الكربون والماء، وكلاهما يتم التخلص منهما بسهولة من الجسم أثناء التمرين الرياضى .وتتطلب هذه العملية الأكسجين، ولذلك فهذه العملية تعتبر عملية هوائية فى طبيعها . وعندما يتم التزود بالقدر الكافى من الأكسجين، فإن المزيد من البيروفيك وأيونات الهيدروجين سوف تتأكسد والقليل الذى سوف يتحد ليكون حمض اللاكتيك. ووفقاً لذلك، فإن من حمض اللاكتيك الذى سوف ينتج سيؤدى إلى تأخر عملية الحمضية.

إن كل فرد رياضى لديه حداً أعلى من قدرته على تمثيل البيروفيك وأيونات الهيدروجين، والذى يتحدد وفقاً لقدرته القصوى على استهلاك الأكسجين فى الدقيقة (Vo_2 max) ويمكن للفرد الرياضى أن يسبح لفترة طويلة دون المعاناة من الأحماض مادام التزود بالأكسجين كافياً لإمداد عملية التمثيل لكل من البيروفيك وأيونات الهيدروجين التى أنتجها السباحون أثناء الأداء وتحولهما إلى ثانى أكسيد الكربون والماء وهناك هدفين تكيفين رئيسيين للتدريب لتنمية كفاءة السباح فى أداء طرق السباحة وزيادة الأكسجين الذى تزود به العضلة. أولهما تنمية كفاءة أداء طرق السباحة مما يقلل من الطاقة المنفقة فى الأداء حتى أن السباحون يمكنهم السباحة بصورة أسرع دون زيادة كبيرة فى مقدار الأكسجين الذى يحتاجون إليه. وثانيهما، هو زيادة الأكسجين الذى تزود به العضلات، مما يجعل عملية التمثيل الغذائى للبروفيك وأيونات الهيدروجين تزيد لدرجة تسمح للسباحين بالسباحة بشكل أسرع دون إنتاج مقادير أكبر من حمض اللاكتيك.

إن المرحلة الهوائية من الجلكزة تكون أكثر فعالية بالمقارنة بالمرحلة اللاهوائية، لإنها عادة ما تعطى عدد أكبر كثيراً من جريئات الـ ATP الذى يتم تكوينه مرة أخرى. فكل جزيء من الجلوكوز ينتج ٣٩ جزيء من الـ ATP عندما يتم تمثيل الجلوكوز هوائياً، بينما كل جزيء من

الجلوكوز ينتج ٣ جزيئات فقط من الـ ATP عندما يتم عملية التمثيل لا هوائيا مع تكوين البيروفيك وأيونات الهيدروجين (شفيرد ١٩٨٢م SHEPHERD). ومن عيوب المرحلة الهوائية من الجلكزة أن هذه العملية لها المئات من الخطوات الطويلة بالمقارنة بالعملية اللاهوائية ولذلك فهى أبطء. فتحرر الطاقة من الجلوكوز خلال هذه العملية يتطلب ضعف الفترة الزمنية التى تستغرقها الجلكزة اللاهوائية لتحقيق نفس الغرض.

وكما أشرنا من قبل، فإن الجسم يمكنه أيضاً تمثيل الدهون والبروتينات هوائياً. وعموماً فعملية التمثيل الهوائى تتكون مبدئياً من عملتين هما:-

١- دورة كربس.

٢- سلسلة الانتقال الإلكترونى.

فالبيروفك يتم تمثيله إلى ثانى أكسيد الكربون فى دورة كربس، وأيونات الهيدوجين وإلكتروناته يتم تمثيلها إلى ماء فى سلسلة التبادل الإلكترونى، فكلا العمليتين يحررا كمية كبيرة من الطاقة والفوسفات لاستعادة تكوين الـ ATP.

١ـ دور الميلوجلوبين وميتوكوندريا العضلة فى التمثيل الهوائى:

Roles of Myoglobin and Muscle Mitochondria in Aerobic Metabolism.

يؤثر التمثيل الغذائى اللاهوائى على سيتوبلازم Cytoplasm (البروتوبلازم) الخلايا العضلية. أما التمثيل الهوائى فيؤثر فى ميتوكوندريا الخلايا العضلية، والتى عرفت بمولد الطاقة Powerhouses (بيت الطاقة) للخلية، لأن أكثر من ٩٠ ٪ من الـ ATP الذى يتم استعادة تكوينه أثناء تمرين التحمل كان نتيجة عمليات حدثت فى الميتوكوندريا.

وتنتج عملية التمثيل اللاهوائى البيروفيك وأيونات الهوائى. فالأكسجين المنتشر داخل غشاء الخلية ينقله الميوجلوبين الى الميتوكوندريا، إن

تدريب التحمل يزيد من كمية الميوجلوبين فى العضلات لدرجة ان الأكسجين ينقل عن طريقه إلى خلايا العضلة. هذا بالإضافة إلى ان تدريب التحمل سيزيد كلاً من (حجم Size وعدد Number) الميتوكوندريا داخل الخلايا العضلية لدرجة أن مناطق أكبر وأوسع منها تتأثر بالتمثيل الهوائى.

ونظراً للدور الهام الذى يلعبه الأكسجين فى عملية التمثيل الهوائى فى أنشطة التحمل، يمكننا أن نستعرض هذا الدور من خلال السطور التالية:

٢- دور الأكسجين فى التمثيل الهوائى:

Role of Oxygen in Aerobic Metabolism

يعتبر الأكسجين هو المنظم الرئيسى لمعدلات الطاقة المتحررة من عملية التمثيل الهوائى، لأنه المحول النهائى للهيدروجين فى سلسلة التبادل الإلكترونى. ووفقاً لذلك، فعندما يتوفر الأكسجين فى الميتوكوندريا، فإن العديد من أيونات الهيدروجين الناتجة أثناء عملية التمثيل اللاهوائى تمنعه من الإتحاد مع البيروفيك لتكوين حمض اللاكتيك.

فإذا زاد استهلاك الأكسجين لدى سباحى المسافات المتوسطة والمسافة، فإن السباح سيكون قادراً على المحافظة على السرعة الخاصة به والتى تنتج حمض لاكتيك أقل، لذا، فإن السباح يمكنه أن يؤخر من تأثير الأحماض على الأداء حتى الجزء الأخير السريع من السباق. كما يمكن أيضاً لسباحى السرعة أن يستفيدوا من الزيادة فى استهلاك الأكسجين، ولكن ليس للمدى الذى يصل إليه سباحى المسافة المتوسطة والمسافة، نظراً لقصر المسافة وزمن أدائها مما يوفر المزيد من الأكسجين، كما أن السباح يستطيع أن يستفيد من عملية التمثيل اللاهوائى عند أدائه للسباحة بمعدلات سريعة دون زيادة فى إنتاج حمض اللاكتيك.

٣- دور حمض اللاكتيك والتعادل الحمضى القلوى العضلى (الأس الهيدروجينى) فى حالة التعب Role of Lactic Acid and Muscle PH in Fatigue

إن النقص فى PH العضلة (الحمضية) يعتبر هو السبب الرئيسى للتعب فى كل سباقات السباحة بدء من ٥٠م والمسافات الأطول، فالحمضية تؤثر على التركيز العقلى Mental Focus وعلى تمثيل الطاقة فى العديد من الحالات التى تجعل من المستحيل على السباحين المحافظة على سرعتهم.

١) حمض اللاكتيك والتعب: Lactic Acid and Fatigue

إن مستويات حمض اللاكتيك بالعضلات فى حالة الراحة تكون ما بين ١،٠- ٢،٠ ملى مول/ كيلو جرام من نسيج العضلات الرخوة، ويمكن أن يزيد ليصل إلى ٢٥-٣٠ ملى مول/ كيلو جرام مع المجهود الذى يستغرق دقيقة فأكثر (بانجسبو وآخرون ١٩٩٠ BONGSBO, et al). وكذلك فإن تركيز حمض اللاكتيك بالدم يكون أيضاً ما بين ١-٢ ملى مول/ لتر أثناء الراحة، وقد يزيد ليكون ما بين ١٠- ٢٠ ملى مول / لتر أثناء المجهود (*). وعادة ما يصل سباحى السرعة لمستويات حمض اللاكتيك بالعضلات لأعلى من ١٠ – ٢٠ ملى مول كيلو جرام أثناء المجهود، فى حين أن سباحى المسافة عادة ما يكون حمض اللاكتيك لديهم فى المستوى الأقل من هذا المدى.

وعندما يكون الأكسجين المتوفر غير كافياً، فإن عملية التمثيل اللاهوائى ستؤدى إلى تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات. وكما ذكرنا من قبل، فإن بعض من البيروفيك الزائد سوف يتحد مع الأمونيا ليكون الالنين. بينما معظمه يتحد مع ايونات الهيدروجين التى لم تدخل سلسلة الانتقال الإلكترونى لتكون حمض اللاكتيك. والذى بالتالى ينقسم مباشرة إلى لاكتات وايونات هيدروجين. ونظراً لحمضيتهما ، فإن تراكم

(*) يراعى هل تقدير حمض اللاكتيك بالمللى مول/ كيلو جرام أم بالمللى مول/ لتر

أيونات الهيدروجين فى العضلات سيجعل الـ PH فيها أقل، وبالتالى فإن النقص فى الـ PH سوف يسبب فقد العضلات لقوتها وسرعتها.

وأعتقد العلماء لفترة من الوقت أن حمض اللاكتيك لا ينتج إلا عندما ينضب الـ CP من العضلات. ولكننا نعرف الآن أن عملية التمثيل اللاهوائى تحدث بالتزامن Concurrently مع عملية تكسير الـCP ، حتى أن حمض اللاكتيك يبدأ فى الظهور منذ الثوانى الأولى من التمرين. فتظهر زيادة حمض اللاكتيك فى العضلات والدم لدى الأفراد خلال ثانيتن بعد بداية التمرين (مارجريا، سريتلى، مانجيل MaRGARIA, CERRETELLI & MENGILL) وإنتاج هذه المادة تقدر بـ ٥٠٪ تقريباً من الطاقة المتحررة لاستعادة تكوين الـ ATP خلال ثانيتين بعد بداية التمرين الرياضى (هولتمان، سجوهولم ١٩٨٦م HULTMAN & SJOHOLM).

أ - العوامل المؤثرة فى معدل تراكم حمض اللاكتيك:

Factors that Affect the Rate of Lactic Acid Accumulation

إن مقدار حمض اللاكتيك الذى يتراكم فى العضلات يتحدد وفقاً للتوازن بين معدل إنتاج اللاكتيك ومعدل انتقاله. وهذين المعدلين يكونا فى حالة توازن Equilibrium أثناء التمرين الرياضى ذو الشدة ما بين المنخفضة والمتوسطة. ومع ذلك، فإن معدل إنتاجه سوف يزيد عن معدل انتقاله لدرجة أن حمض لاكتيك إضافى سوف يتراكم فى الألياف العضلية. ويعتمد معدل حمض اللاكتيك الناتج فى الألياف العضلية على ما يلى:

١- سرعة السباحة.

٢- معدل استهلاك الأكسجين.

٣- نوع الليفة العضلية للسباح.

لاشك أن السرعات السريعة تتطلب انقباض المزيد من الألياف العضلية، وحتى يكون الفرد قادراً على أداء تلك الانقباضات، فإن ذلك يتطلب

تحـرر الطاقـة اللازمـة لاسـتعادة تكويـن الـ ATP بصـورة سـريعة. لـذا، فـإن البيروفيك وأيونـات الهيدروجـين يتحـدداً بمعـدل أسـرع ممـا يسـتطيع التمثيـل الهوائى أن يؤديه، وهذا يؤدى إلى زيادة معدل إنتاج اللاكتيك.

وفيمـا يتعلـق بـالقدرة الهوائيـة، فـإن اسـتهلاك الأليـاف العضليـة للأكسـجين يرتبـط مباشـرة بمعـدل حمـض اللاكتيـك المنتـج، ومـع توفـر الأكسـجين، فـإن المزيـد مـن البيروفيـك وأيونـات الهيدروجـين الناتجـة أثنـاء عمليـة التمثيـل اللاهوائـى يمكـن أكسـدته تاركـاً القليـل ليكـون حمـض اللاكتيك.

لـذا، فعندمـا يسـتهلك المزيـد مـن الأكسـجين، فـإن حمـض اللاكتيك سوف يتراكم بمعدل أبطء عند أى شدة تمرين. ولهذا السبب، فإن التحسن فى استهلاك الأكسجين هام فى أداء التحمل فى الرياضات المختلفة.

وفيما يتعلق بنوع الليفة العضلية، فإن الألياف العضلية البطيئة لديها المزيـد مـن الميتوكوندريـا والمزيـد مـن الشـعيرات المحيطـة حولهـا، لـذا فإنـها تسـتطيع أن تسـتخدم المزيـد مـن الأكسـجين الـذى يمكـن اسـتهلاكه. ومـن ناحية أخرى، فإن الألياف العضلية السريعة تمتلك ميتوكندريا أقل وشعيرات دموية أقـل. ونتيجـة لذلـك، فإنـها تسـتهلك اكسـجين أقـل وينتـج المزيـد مـن حمض اللاكتيك بالمقارنة بالألياف العضلية البطيئة عن أى شدة تمرين.

ومـن العوامـل الأخـرى المؤثـرة علـى معـدل تراكـم حمـض اللاكتيـك هـى القـدرة علـى نقلـة أثنـاء التمريـن الريـاضى. وأعتقـد العلمـاء خـلال السـنوات الأخيرة أن حمـض اللاكتيـك لايمكـن التخلـص منـه Eliminates أثنـاء التمريـن، وأن إنتاجـه يتوقـف فـى الأليـاف العضليـة حتـى يتـم اسـتكمال التمرين، ثـم بعـد ذلـك ينتشـر خـارج هـذه الأليـاف، ويدخـل الـدم الـذى يحملـه للتخلص منه، ولكن خلال السنوات الأخيرة أكدت الدراسات العلمية أن حمض اللاكتيـك يمكـن أن ينقـل مـن الأليـاف العضليـة بينمـا التمريـن الريـاضى



مستمر. وأشارت الأبحاث الحديثة أن عملية انتقال حمض اللاكتيك من العضلات أثناء التمرين قد تقلل من معدل تراكمه فى تلك العضلات أو يعادل بدرجة كبيرة ما يمكن أن يحدثه استهلاك الأكسجين من نقص فى تقليل معدل تراكمه فى العضلات (**بروكس وآخرون ١٩٩٦م** BROOKS, et al).

ب ـ التخلص من حمض اللاكتيك: Lactic Acid Removal

يعتقد بعض العلماء أن الألياف العضلية لدى الإنسان تحتوى على نظام ناقل البروتين **System Of Protein Transporters** الذى يقوم بوظيفة نقل حمض اللاكتيك من الألياف العضلية(**بونين، باكر، هاتا ١٩٩٧م** BONEN, BAKER & HATTA)، (**بونين وآخرون ١٩٩٨م**)، (**ويلسون وآخرون ١٩٩٨م** WILSON, et al). وهذا الناقل يمكنه نقل حمض اللاكتيك من بروتوبلازم الألياف العضلية العاملة حيث أنها تنتجة داخل الميتوكوندريا الموجودة بنفس الألياف العضلة لدرجة انه يقوم بتحويله مرة أخرى إلى حمض بيروفيك ويأكسده (**بروكس وآخرون ١٩٩٦م**). كما انه أيضاً ينقل حمض اللاكتيك لخارج الألياف العضلية والذى أنتج داخلها وهى التى تعتبر أفضل مكان لتمثيله. وهذا يعنى أن هناك تنظيم سائد بين الألياف العضلية البطيئة والسريعة. فالألياف البطيئة لديها قدرة أفضل على تمثيل حمض اللاكتيك. ووفقاً لذلك، فإن بعض من حمض اللاكتيك المنتج فى الألياف السريعة يمكن نقلة مباشرة عبر أغشية الخلية لداخل الألياف العضلية البطيئة المجاورة **Adjacent** حيث يدخل إلى الميتوكوندريا ويتأكسد وهذا ما يعرف بنظرية **بروكس** أو نظرية الانتقال المكوكى لحمض اللاكتيك. وأخيراً، فإن حمض اللاكتيك يمكنه أيضاً أن يترك الألياف العضلية البطيئة التى لا تعمل (التى فى حالة راحة) وكذلك يحمله إلى الكبد والقلب حيث يتم فى نهاية الأمر **Eventually** أكسدته إلى ثانى اكسيد كربون وماء أو يتحول إلى جليكوجين يتم تخزينه. وبعض من حمض

اللاكتيك ينقل إلى القلب حيث يمكن أيضاً استخدامه مباشرة كمصدر للطاقة للألياف العضلية القلبية Cardiac Muscle Fibers.

إن الألياف العضلية البطيئة أيضاً تنتج حمض اللاكتيك أثناء التمرين الشديد، ولكن معدل إنتاجها يكون أقل كثيراً بالمقارنة بالألياف السريعة. ومع ذلك، فإن بعض من اللاكتيك فى الألياف العضلية البطيئة يمكنه أيضاً الانتقال من الألياف إلى مجرى الدم، حيث تؤخر بداية الحمضية Acidosis. وتشير العديد من الدلائل أن التدريب الرياضى يمكنه زيادة حمض اللاكتيك المنقول لدرجة أن المتراكم منه فى الألياف العضلية العاملة سوف يقل على الرغم من شدة التمرين (**بونين، باكر، هاتا ١٩٩٧م**).

وعلى الرغم من حقيقة أن آلية استهلاك الأكسجين والتخلص من حمض اللاكتيك يقلل من معدل تراكم حمض اللاكتيك، فإن معدل إنتاجه سوف يظل أعلى من المعدل المحدد أثناء التمرين الشديد. ولكن هناك مقدار ضئيل من حمض اللاكتيك سوف يتحول مرة أخرى إلى حمض بيروفيك وأيونات هيدروجين أثناء فترة الاستشفاء التى تلى التمرين مباشر. وهناك يمكن تمثيله هوائياً إلى ثانى أكسيد الكربون وماء أو يتحول إلى جليكوجين ويخزن داخل الألياف العضلية.

جـ- شدة التمرين وعلاقته بتراكم حمض اللاكتيك:

Exercise Intensity and Lactic Acid Accumulation

يوضح الشكل التالى تأثير التمرين الرياضى والشدات المختلفة على تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات. وعادة ما يكون فى العضلات بعض من حمض اللاكتيك، فتركيز حمض اللاكتيك فى حالة الراحة فى العضلات ما بين ١-٢ ملى مول / كيلو جرام،فالفرد الرياضى يبدأ فى إنتاج كمية لاكتيك إضافية منذ لحظة بداية التمرين، حتى عندما تكون عملية التمثيل الغذائى الهوائية هى التى تزود اللاعب بالطاقة. وحتى أثناء التمرين البسيط، فإن الرياضيين يحتاجون إلى ١-٢ دقيقة

لزيادة معدلاتهم من استهلاك الأكسجين بدرجة تكفى عملية التمثيل الزائدة لحمض البيروفيك وأيونات الهيدروجين. ومع ذلك ففى حالة زيادة استهلاك الأكسجين، فإن معدل إنتاج اللاكتيك سوف يقل ومعظم المقادير الزائدة منه في العضلات سوف تنتقل ويصبح مستوى الحمض بالعضلات قرب مستواه الطبيعى.

ومن خلال هذا الشكل نجد أن شدة التمرين الرياضى المعتدلة تجعل تراكم حمض اللاكتيك يزيد بمعدل من ٢-٤ أضعاف مستوياته فى الراحة وذلك خلال الدقائق القليلة فى بداية التمرين الرياضى. ولكن بعد أن يستهلك الفرد الرياضى الكمية المقبولة من الأكسجين، فإن معدل حمض اللاكتيك الناتج سوف يقل لدرجة ثابتة نسبياً، وكذلك فقد يظل هذا الارتفاع حتى نهاية التمرين فى بعض الحيان. وعادة مايكون هذا الارتفاع فى مستوى حمض اللاكتيك ما بين ٢-٤ ملى مول / كجم. كما أن الأحماض المتكونة فى مثل هذه الحالة من التمرين لا تسبب التعب لأن معدل تراكم حمض اللاكتيك ليس كبيراً بدرجة كافية حتى تؤثر على PH العضلات.

شكل (٤) يوضح نموذج لتراكم حمض اللاكتيك فى العضلات العاملة أثناء أداء شدات مجهود مختلفة

ويمكن للفرد الرياضى أن يحافظ على سرعة أداء التمرين الرياضى لفترة طويلة كافية تجعل الجلوكوز الموجود بالعضلات هو مصدر الطاقة.

أمـا عندمـا يكـون التمريـن الريـاضى شـديداً، فـإن معـدل حمـض اللاكتيك الناتج سيكون كبيراً بدرجة تؤدى إلى تراكمه فى العضلات حتى أنه فى بعض الأحيان يقل الـ PH فى هذه العضلات بدرجة كبيرة تسبب التعب للفرد الرياضى. وفى هذه الحالة، فإن زمن أداء التمرين الرياضى سيصل إلى ١٠ دقائق، كما أن أعلى مستوى لحمض اللاكتيك بالعضلات العاملة والذى يمكن أن يحققه الفرد الرياضى فى هذه الحالة هو ٢٢ ملى‌مول/كجم، وذلك يؤدى إلى ظهور حمضيه شديدة. أما فى السباقات الأقصر، فإن الفرد الرياضى يمكنه أن يؤديها بسرعة سريعة ولكنه يصل لقمة اللاكتيك وتظهر الأحماض لديه مبكراً.

كما يبين الشكل السابق استجابة حمض اللاكتيك بالعضلات والناتج عن سباحة ١٠٠م سرعة، وفى هذه الحالة، فإن سرعة أداء هذه المسافة تكون قريبة من الأقصى. كما أن معدل حمض اللاكتيك الناتج يتزايد تراكمه حتى يصل لمستوى الـ ٢٢ ملى‌مول/كجم فى أقل من دقيقة. كما أن أقصى لاكتات بالدم، وربما أيضاً تراكمة، قد تكون عند نفس المستوى تقريباً فى السباقات التى يستغرق أدائها ما بين ٤٠ث – ٨ق. وفى بعض الأحيان، قد يكون تراكم حمض اللاكتيك فى السباقات الأطول أكثر انخفاضاً، وقد يكون ذلك نتيجة أن الفرد الرياضى يستغرق وقتاً أكثر حتى يتخلص eliminate من حمض اللاكتيك المتكون فى عضلاته فى المسافات الأطول. وتشير دراسة أجراها (**هيرمانسين ١٩٧١م** HERMANSEN) إلى أن قمة تركيز لاكتيك الدم كانت تقريباً هى نفسها لدى أحد الأشخاص الرياضيين بعد أدائه مجهود أقصى تطلب أدائه ٣٠ث – ٨ق.

وتشير نتائج هذه الدراسة أن حمض اللاكتيك لدى هذا الفرد بلغ ما بين ١٨-٢٢ ملى‌مول/لتر عندما كانت استمرارية أداء التمرين من ٣٠ث – ٨ق. أما فى السباقات التى يستمر أدائها حتى ١٠ق، انخفض أقصى تراكم لحمض اللاكتيك بالدم إلى ١٥ ملى مول / لتر تقريباً.

وفى جميع السباقات باستثناء سباق الـ ٥٠م سرعة، فإن الرياضيون يجب أن يسبحوا الجزء الأول من السباق عند سرعة أقل من الأقصى، والتى عادة ما يكون معدل التمثيل اللاهوائى فيها أبطء مما يجعل تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات لا يحدث انخفاض سريع فى مستوى الـ PH . ويجب أن يستمروا فى سباحة الجزء الأول من السباق بالسرعات الكافية التى تصل بهم إلى نهاية السباق قبل أن يتراكم حمض اللاكتيك والذى يكون شديداً فى السباقات الأطول ويؤثر بالتالى على سرعة الأداء.

ويشير **موجان وجليسون ٢٠٠٤م** أن تراكم اللاكتيك داخل العضلات يصل لأقصى مستوى له عند نهاية التمرين حتى الإنهاك والذى يستمر من ٣-٧ق.

٢ـ الحمضية والتعب: Acidosis and Fatigue.

من المتعارف عليه أن حمض اللاكتيك فى معظم الأحوال هو سبب التعب لدى الرياضيين عند أداء المجهود الرياضى، وعلى الرغم من ذلك، يجب أن نعلم أن أسباب التعب ليس حمض اللاكتيك فى حد ذاته ولكن تأثير أيونات الهيدروجين فى الألياف العضلية هو سبب التعب، حيث تؤثر هذه الأيونات على PH الألياف العضلية التى يتراكم فيها حمض اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى. فايونات الهيدروجين تخفض الـ PH مسببة الحمضية (**بروكس، فاهى ١٩٨٤م** BROOKS & FAHEY) لذا، فإن معظم خبراء علم فسيولوجيا الرياضة يؤكدون أن الحمضية هى السبب الرئيس للتعب فى جميع سباقات السباحة عدا سباقات الـ ٥٠م، بالإضافة إلى السباقات الطويلة التى لا تنتج حمض لاكتيك نتيجة أدائها.

ولا شك أن نقص PH العضلات سوف يؤدى إلى فقد السرعة للسباحين أثناء السباقات وذلك لأسباب عدة، ويلاحظ أن معظمها يرتبط بحمضية السوائل التى توجد داخل الخلايا التى تستثير مستقبلات الألم Pain



Receptors مسببة ألم شديد للفرد الرياضى، وتختلف هذه الآلام من فرد رياضى لآخر، فالبعض يتحمل هذا الألم، بينما البعض الآخر تبطئ سرعتهم عندما يصل الألم لحد معين، والبعض الآخر يبطئون من سرعتهم قبل أن يصلون لهذا الحد نتيجة أنهم يخافون من أنهم لن يستطيعوا أن ينهوا سباقاتهم بالسرعة المطلوبة إذا ما حافظوا على سرعتهم بشكل مؤقت Temporarily. لذا فإن قدرة الرياضى على المثابرة أثناء الأداء على الرغم من وجود الألم تسمى بتحمل الألم Pain Tolerance.

ويجب أن يعلم المدربون أن السباحون مهما تعاظم تحملهم للألم الناتج عن نقص الـ PH، فإنهم يقللون من سرعة أدائهم اضطراريا Necessity عندما تصبح السوائل التى تدخل العضلات حمضية. وكلما زادت درجة الحمضية سيكون الألم أكثر شدة. وهذه الحالة circumstance تحدث نتيجة أن معدل استعادة دورة الـ ATP يقل عندما ينخفض PH العضلة لأقل من ٧,٠، ويستمر هذا الانخفاض حتى يصبح من المستحيل أن تستمر عضلات السباحين فى الانقباض بسرعة وقوة كافية للمحافظة على سرعة أداء السباق. فمعدل التمثيل اللاهوائى للطاقة قد ينخفض كثيراً عندما يصبح مستوى PH العضلات ما بين ٦,٥ – ٦,٨، حيث يزيد حمض اللاكتيك المتكون. وعندما يحدث ذلك، فإن الرياضيون لن يكونوا قادرون على السباحة عند أى سرعة أعلى من قدرتهم لتوليد الطاقة المتوفرة هوائياً، مما يؤدى إلى الانخفاض الشديد فى مستوى الأداء عند التنافس فى أى سباق.

وعندما يكون الأداء بالسرعة الفائقة (الشديدة جداً)، فإن تراكم حمض اللاكتيك فى العضلة ينخفض إلى ٦,٦ – ٦,٤ فى أقل من ٦٠ث. فمسافة الـ ١٠٠م تعتبر الحد الأعلى لكل سباقات السرعة. وبالتالى فأداء المسافات الأطول سيكون بسرعات أبطء، ويكون معدل انخفاض الـ PH بالعضلة أبطء. وعلى ذلك، فإن الأحماض سوف تسبب التعب فى النهاية عندما يتراكم حمض

اللاكتيك بشكل يتخطى معدل انتقاله من العضلات، مما يؤدى إلى انخفاض PH العضلات لأقل من ٦,٨.

وتدريجياً، فإن الأحماض تقلل من معدل التمثيل اللاهوائى لعدة أسباب. إحداها. أن العضلات تحتاج لمزيد من الكالسيوم لتحقيق الانقباض العضلى الذى يظهر عندما ينخفض توازنها الحمض القلوى، فالكالسيوم ينشط عملية الربط Coupling بين خيوط Filaments الميوسين والاكتين داخل ألياف العضلة مسببة الانقباض. كما أن معدل الانقباض العضلى سوف يقل إذا كان المطلوب المزيد من الكالسيوم وفى نفس الوقت فهو غير متيسر بشكل مباشر. كما أن معدل نشاط إنزيم ATP_{ase} سيقل أيضاً خلال عملية حدوث الحمضية، مما يجعل الطاقة المحررة من الـ ATP تكون بمعدل أبطء، وتشير الدراسات العلمية أن نشاط هذا الأنزيم يقل بنسبه ٢٥٪ عندما يقل PH العضلات العاملة من ٧,١ إلى ٦,٥ أثناء التمرين الرياضى (**بورتزيل، زاورالك، جودين** PORTZEHL, ZAORALEK, & GAUDIN).

كما أن معدل نشاط إنزيمات الفوسفوريليز، والفوسفوفركتوكيتيز Phosphorylase, Phosphfructokinase (PFK) سوف يقل كثيراً عندما ينخفض PH العضلة لأقل من ٧,٠ (**هولتمان وآخرون** ١٩٩٠م .HULTMAN,et al) فهذه الأنزيمات هى المنظم الرئيسى لعملية التمثيل اللاهوائى والتى سوف يتوقف نشاطها تماماً عندما ينخفض PH العضلات إلى ٦,٤ (**دانفورث** DAN FORTH).

كما أن معدل انتقال حمض اللاكتيك يبطئ عندما ينخفض PH العضلة لأقل من ٧,٠ (**هيرك وآخرون** ١٩٧٥م .HIRCHE, et al)، مسبباً زيادة فترة بقائه فى الألياف العضلية، مما يقلل الـ PH بشكل أكبر.

ويعتقد بعض المدربون والسباحون خطأً Mistakenly أن السباحون يمكنهم أثناء التنافس فى البطولات التغلب على التعب الناتج عن زيادة

الحمضيــة وذلــك بالاهتمــام بــالقوة، فــهذه القــوة تعطــى الرغبــة لــدى السباحين لتحقيق الفوز، وهذه الرغبة قد تسمح لبعضهم بالاستمرار فى الأداء على الرغم مـن الألم النـاتج عـن الحمضيـة. ولكـن تحمـل الألم فـى حـد ذاتـه لا يكـون كافيـاً لتـأكيد النجـاح فـى السبـاقات. ولكـن يجـب علـى السـباحين التدريـب بجديـة لإحداث التكيفات الفسيولوجية التى تـؤدى إلى تـأخر ظـهور الأحمـاض الشديدة للدرجـة التـى تمكنـهم مـن الأداء بمـدى سـرعة أسـرع خـلال منتصف سباقاتهم.

وعندئـذ، ففـى الجـزء الأخـير مـن السـباقات، فإنـه يمكنـهم اسـتخدام رغبتـهم وتحفزهـم للمحافظـة علـى سـرعتهم السـريعة التـى يؤدونـها علـى الرغم من ظهور الأحماض الشديدة.

إن معـدل وحجـم الأحمـاض يعتمـد علـى ثلاثـة عوامـل نذكرهـا فيمـا يلى:-

١- معدل حمض اللاكتيك الناتج فى داخل الألياف العضلية.
٢- المقدار المتبقى من حمض اللاكتيك فى هذه الألياف بعد إنتاجه.
٣- تنظيم هـذا الجـزء المتبقى مـن حمـض اللاكتيـك فـى هـذه الأليـاف بعـد إنتاجه.

فالعاملين الأولين يؤثران على PH العضلات بنفس الطريقة التى تؤثر بـها تراكـم حمـض اللاكتيـك، أمـا المنظمـات Buffers فـهى مـواد فـى العضـلات يمكنـها الاندمـاج مـع أيونـات الهيدروجـين، وبالتـالى تضعـف هـذه المنظمـات، لدرجـة أن تأثيرهـا علـى الـ PH يصبـح غـير فـعال. فعندمـا تظـهر المنظمات، فإن الكمية المنتجة من حمض اللاكتيك تقلـل مـن PH العضلات بدرجـة كبيرة. فالمنظمـات تجعـل السـباحين يسـبحون عنـد السـرعة الخاصـة المحـددة لهـم لفـترة زمنيـة طويلـة قبـل أن يصلـوا للتعـب أو يسـبحوا بصـورة أسـرع مـع عـدم حـدوث زيـادة فـى مقـدار هـذا التعـب فالرياضيون تزيـد لديـهم

المنظمات مع التدريب المناسب، وتتلخص تأثيرات التدريب على المنظمات فيما يلى:

١- زيادة الكالسيوم اللازم لانقباض العضلات.

٢- تقليل معدل نشاط إنزيم ATPase.

٣- تقليل معدل نشاط إنزيم CPK.

٤- تقليل معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة.

٥- زيادة الألم.

٣ـ ملخص تمثيل الطاقة: Energy Metabolism Summarized

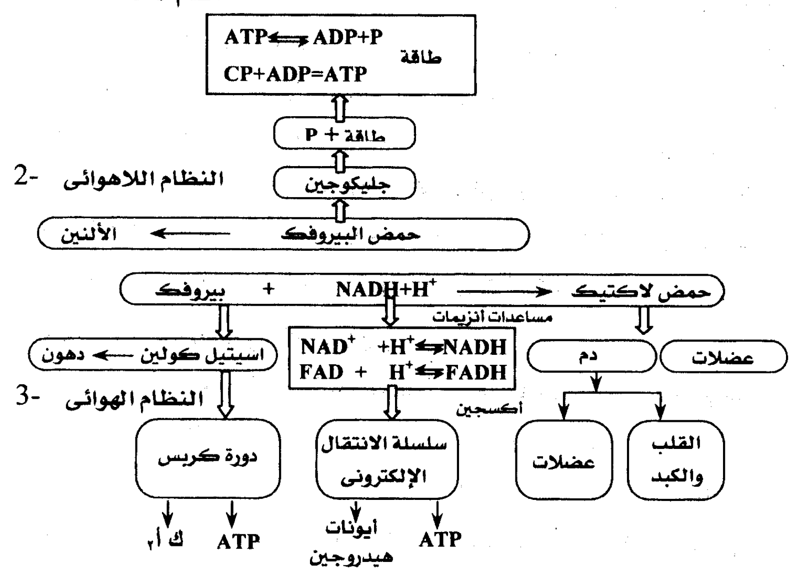
الشكل التالى يوضح ثلاثة أنظمة لتمثيل الطاقة، والتى تحدث فى كل ليفة عضلية عاملة، فالعمليات اللاهوائية تحدث فى البروتوبلازم بالخلايا العضلية، أما التمثيل الهوائى فيحدث فى ميتوكوندريا تلك الخلايا.

فنظام الـ CP – ATP المبين فى الجزء العلوى من الشكل – فإنه يمد العضلات المنقبضة بالطاقة ثم يستعاد تكوينه عن طريق تكسير الفوسفوكرياتين ثم تمثيل جليكوجين العضلة. أما الجزء الأوسط من الشكل فيبين عملية تكسير الجليكوجين إلى بيروفيك فى برتوبلازم الليفة العضلية – النظام اللاهوائى – ومع تحرر ذرات الهيدروجين، فإن بعض منها يتحد مع NAD^+ (وهو عامل مساعد للإنزيم) لتكوين الـ NADH (وهو مساعد انزيم) وأيونات الهيدروجين (H^+).

والنظام الهوائى – الذى يوضحه الجزء السفلى من الشكل، فإن البيروفك سوف يدخل إلى الميتوكوندريا داخل الألياف العضلية ومنها إلى دورة كربس، حيث يتم تمثيله إلى ثانى أكسيد الكربون. وفى داخل الميتوكوندريا، فإن الـ NADH ومساعد الأنزيم (FADH2) سوف ينقلا إلى داخل سلسلة التبادل الالكترونى حيث تستخدم ذرات الهيدروجين فى تكوين الماء .ففى هذه العملية، فإن الطاقة الموجودة فى الكترونات هذه الذرات الهيدروجينية، سوف تستخدم فى استعادة تكوين الـ ATP من الـ ADP.



1- ATP-PC نظام



شكل (٥) شكل تخطيطى لتمثيل الطاقة

يوضح الشكل رقم (٥) مراحل انظمة ATP-CP، اللاهوائى، الهوائى التى سوف تستخدم فى استعادة الـ ATP من الـ ADP .

فإذا كانت السرعة سريعة عند مستوى ما بين ٧٠٪ - ٨٠٪ تقريباً من الحد الأقصى، فإن ذلك لن يوفر القدر الكافى من الأكسجين لتعزيز إنتاج ذرات الهيدروجين أثناء عملية التمثيل اللاهوائى لتدخل النظام الهوائى، فذرات الهيدروجين المتبقية سوف تتحد مع البيروفيك لتكوين حمض اللاكتيك. وهذه العملية يظهرها الجزء الأوسط الأيمن من الشكل.

وأيضاً، فإن بعض من حمض اللاكتيك سوف يتبقى فى الألياف العضلية، كما ينقل جزء كبير منه إلى خارج الألياف العضلية العاملة

إلى الأليـاف العضليـة الغير عاملـة أو الأليـاف التـى لم تسـتخدم كـثيراً، حيـث يمكـن أكسـدته مـرة أخـرى إلى حمـض بـيروفيك ومـن ثـم Thence إلى جليكوجـين، أمـا الكميات الزائـدة مـن حمـض اللاكتيـك فسـوف تدخـل إلى مجرى الدم، حيث يحمله إلى القلب وإلى الكبد وإلى الأليـاف العضلية الهيكلية الغير عاملة، حيث يمكن أكسدته واستخدامه كوقود Fuel. وجزء صغير من المتبقـى مـن البـيروفك يمكـن أن يدخـل إلى دورة (الجلوكـوز Glucose - الالنين Alanine)، حيث يتم تمثيله هوائياً وتحويلـه مـرة أخـرى إلى جلوكـوز فى الكبد – والجزء الأيمن السفلى من الشكل يبين ذلك.

تمثيل الطاقة أثناء السباقات والتدريب:

Energy Metabolism During Races and Training

مـن الشـائع فـى سباقات السباحة أنها تكون إما هوائية أو لا هوائيـة، وهـذا يعطـى انطبـاع زائـف False impression أن هـذه المراحـل مـن التمثيـل الغذائى منفصلة عن بعضها البعض وأنها متعاقبة Separately & Sequence، فمع بداية واحدة من هذه المراحل تكون المرحلة الأخرى قد انتهت. وفى الواقع، فإن جميع هذه المراحل الثلاثة مـن عملية تمثيل الطاقة تعمل منذ اللحظة الأولى مـن التمريـن الريـاضى والاختـلاف فقـط يكـون فـى نسـبة مسـاهمة كـل مرحلـة. فنجـد فـى سباقات السرعة أن المساهمة الرئيسية للطاقة تكـون مـن استعادة دورة الـ ATP ضمن نظام الـ ATP- CP والتمثيل اللاهوائى، لأن هـذه العمليات هى فقط التى يمكنها أن تستجيب لمتطلبات الطاقة بسرعة أثناء أداء سباقات السباحة السريعة. وأيضـاً فـإن التمثيـل الهوائـى يعمـل، فـهو يمـد ببـطء شـديد بالطاقـة لمواجهـة المتطلبـات الكثـيرة مـن الطاقـة فـى هـذه السـباقات. وعلـى ذلـك، فإنـه يمّـد بكميـة صغـيرة مـن الطاقـة المطلوبـة للسـرعة،وتصبـح المسـاهمة الهوائيـة أكـبر كلمـا زادت مسـافة السـباق أو كلما سبح السباح بسرعات أبطء ولمسافات أطول.



إن جليكوجين العضلة هو المادة الغذائية الأساسية Principal foodstuff التى يتم تمثيلها أثناء السباحة ما بين المعتدلة والسريعة، لأنها متوفرة فى العضلات ويمكن تمثيلها هوائياً ولا هوائياً. كما أن جلوكوز الدم والدهون والبروتينات يمكنها أيضاً أن تمد الجسم بالطاقة لاستعادة تكوين دورة الـ ATP، فالطاقة التى تساهم بها هذه المواد تصبح أكبر عندما تكون السرعة بطيئة أو عندما ينخفض مّد العضلات بالجليكوجين، وجلوكوز الدم هو أفضل مصدر للطاقة بعد جليكوجين العضلات لأنه يمكن تمثيله هوائياً ولا هوائياً. ومع ذلك، فإن عملية تحرر الطاقة من الجلوكوز تكون فى بعض الأحيان بطيئة، لأنه ينتشر أولاً داخل العضلات من الدم قبل استخدامه. كما يمكن أن تساهم الدهون بالطاقة فى حالة السرعات البطيئة فقط لأنها يمكن تمثيلها هوائياً فقط، ولأن كميات صغيرة منها فقط يمكن تخزنها فى العضلات. كما أن البروتين متيسر بسهولة فى العضلات، ولكن عملية تحرر الطاقة منه هى الأبطء، وأن بعض من الجلوكوز يجب أن يتوفر فى العضلات لإتمام هذه العملية.

١- مساهمات مراحل تمثيل الطاقة الثلاثة فى السباق والتدريب:

Contributions of the three Metabolism phases to Racing and Training.

من الشائع Commonly لدينا جميعاً أن نسمى سباقات السرعة بالسباقات اللاهوائية وسباحة المسافة أو التحمل بالسباقات الهوائية، ولكن هذه الخاصية لم تكن بالدقة الكاملة، وكما فسرنا من قبل، فإن جميع مراحل عمليات التمثيل تتم داخل عملية واحدة متداخلة فى وقت واحد عندما يبدأ الفرد الرياضى السباق أو يؤدى تكرارات التدريب. والجدول التالى يوضح مساهمات المراحل الثلاثة لتمثيل الطاقة أثناء السباقات أو أداء مجموعات تكرارية لمسافات متنوعة وسرعات مختلفة. فالمرحلة الهوائية من تمثيل الطاقة تقسم إلى قسمين فرعيين هما تمثيل الجلوكوز وتمثيل الدهون،

وذلك نتيجة للاختلافات فى دور كل من هاتين المادتين فى التزود بالطاقة أثناء المجهود.

جدول(١)

المساهمات النسبية لمراحل تمثيل الطاقة وفقاً لزمن السباق ومسافته

زمن أداء السباق	مسافة السباق	نسبة ATP – CP %	التمثيل اللاهوائى ٪	التمثيل الهوائى	
				تمثيل الجلوكوز ٪	تمثيل الدهون ٪
١٠-١٥ث	٢٥م	٥٠	٥٠	–	–
١٩-٣٠ث	٥٠م	٢٠	٦٠	٢٠	–
٤٠-٦٠ث	١٠٠م	١٠	٥٥	٣٥	–
١:٣٠ -٢ق	٢٠٠م	٧	٤٠	٥٣	–
٢-٣ق	٢٠٠م	٥	٤٠	٥٥	–
٤-٦ق	٤٠٠م	–	٣٥	٦٥	–
٧-١٠ق	٨٠٠م	–	٢٥	٧٣	٢
١٠-١٢ق	٩٠٠م	–	٢٠	٧٥	٥
١٤-٢٢ق	١٥٠٠م	–	١٥	٧٨	٧

جدول(٢)

المساهمات النسبية لمراحل تمثيل الطاقة وفقاً للمجموعات التكرارية وزمنها

النوع والمسافة	الوقت المستغرق للمجموعة	نسبة ATP – CP %	التمثيل اللاهوائى ٪	التمثيل الهوائى	
				تمثيل الجلوكوز ٪	تمثيل الدهون ٪
السرعة ١٠-١٥م	١-٢ق	٥٠	٥٠	–	–
٢٥م	١-٢ق	٢٠	٨٠	–	–
اللاهوائى ٥٠م	٣-٥ق	١٥	٦٠	٢٥	–
١٠٠م	٥-١٠ق	١٠	٥٠	٤٠	–
٢٠٠م	٨-١٢ق	٢	٣٥	٦٣	–
الهوائى طول المجموعة	١٥-٢٠ق	–	١٥	٨٠	٥
	٣٠-٤٠ق	–	٥	٧٥	٢٠
	٥٠-٦٠ق	–	٢	٧٠	٢٨
	٩٠-١٠٠ق	–	١	٣٠	٧٠



إن النسب المئوية لمختلف السباقات والمسافات التكرارية المذكورة فى الجدول السابق طبقت على السباحين ذوى المستوى العالى الكبار أصحاب الخبرات. ونلاحظ من الجدول أن هذه النسب وضعت وفقاً لزمن أداء المجهود.

ويجب أن نعلم أن تمثيل الجسم للطاقة يعتمد على الزمن الذى يستغرقه الأداء وليس المسافة دون النظر للمرحلة العمرية، ومثال لذلك، فالسباح الذى عمرة ١٠ سنوات ويؤدى سباحة الـ١٠٠م فى ١:٥٠,٠٠ ق، من المحتمل أن يحصل على الطاقة الناتجة من عملية التمثيل بما يعادل تقريباً السباح الذى عمره ٢٢ سنة ويسبح مسافة الـ ٢٠٠م فى نفس الزمن.

إن نظام الـ ATP-CP والتمثيل اللاهوائى يمدا بمعظم الطاقة للمسافات من ٢٥- ٥٠م (وهى المسافة التى تتطلب لأدائها من ١٠-٣٠ث). والتمثيل اللاهوائى هو المساهم الأول فى سباقات المسافات الـ ١٠٠م، ٢٠٠م (وهى السباقات التى يستغرق أدائها من ١-٣ق). وكذلك فإن دور التمثيل الهوائى يصبح بازدياد أكثر أهمية فى مسافة الـ ٢٠٠م. كما أن كلاً من التمثيل الهوائى واللاهوائى يساهما بشكل جوهرى فى المد بالطاقة فى سباقات الـ ٤٠٠م (وهى المسافة التى تستغرق فى أدائها من ٤-٦ق) والتمثيل الهوائى هو المصدر الرئيسى للطاقة فى سباقات الـ ٨٠٠م حتى الـ ١٥٠٠م، وكذلك، فإن التمثيل اللاهوائى يساهم بـ ١/٣ – ١/٤ الطاقة لهذه المسافات. فى حين أن حجم الطاقة التى يمد بها الجسم من خلال تمثيل الـ ATP-CP تصبح تدريجياً أقل أهمية فى سباقات الـ ٢٠٠م والمسافات الأطول حتى أنها لا تأخذ فى الاعتبار أى تهمل فى السباقات الأطول.

إن جليكوجين العضلة والفوسفوكرياتين كلاهما يعتبرا مصادر هامة للطاقة لاستعادة تكوين الـ ATP لسباقات الـ ٢٥م حتى ٥٠م.وبعد ذلك، يصبح الجليكوجين بالعضلة هو المصدر الرئيسى للطاقة أما تمثيل الدهون والبروتين فلا يساهما بشكل كبير فى الطاقة المستخلصة من استعادة تكوين الـ ATP عند أى مسافات للسباحة فى القائمة التى بداخل الجدول.

وعند حساب الطاقة بالنسبة للمجموعات التكرارية فإن نظام الـ CP -ATP- والتمثيل اللاهوائى يمدا بمعظم الطاقة لمسافات السرعات الشديدة (٢٥م فأقل) والتمثيل اللاهوائى هو المصدر الرئيسى أثناء أداء تكرارات مسافات الـ ٥٠م و ١٠٠م. أما الطاقة اللازمة لأداء تكرارات مسافة الـ ٢٠٠م فتعتمد غالباً بدرجة متعادلة تقريباً. على المصادر الهوائى واللاهوائى بالإضافة إلى جليكوجين العضلة كمصدر رئيسى للطاقة.

٢ـ العوامل المحددة للأداء : Factors That Limit Performance

تتغير العوامل التى تحدد الأداء فى السباقات والتدريب وفقاً لمسافة السباق والوقت الذى يقضيه الفرد الرياضى فى أداء المجهود المستمر أو القريب من المستمر وسرعة سباحة هذه المسافة. ففى مسافات الـ ٢٥م، ٥٠م فإن الاستجابات ترتبط بعمل نظام الـ CP – ATP، والتمثيل اللاهوائى، أما فى مسافات السباقات الأطول فإن الأحماض تعتبر هى العامل المحدد للأداء. كما إن حجم الجليكوجين المخزون فى العضلات لا يحدد الأداء فى السباقات إلا إذا كانت المقادير المخزونة قليلة إلى حد بعيد قبل بداية السباق. ومع ذلك فإن مخزون العضلة المنخفض من الجليكوجين يمكن أن يكون محدداً للأداء فى التدريب.

وعلى ذلك، فإن تكنيك الأداء الجيد فى السباحة يلعب دوراً فاعلاً فى الأداء عند أداء أى مسافة سباق. فالسباحين الذين يسبحون بقوة دفع جيدة مع تقليل تأثير المقاومات التى تواجه السباح داخل الماء، فإن حاجتهم للطاقة ستكون أقل عند أدائهم لأى سرعة أقل من الأقصى. كما يمكنهم تحقيق سرعات أكبر عندما يصلون لأقصى معدلاتهم من الطاقة المستهلكة Energy Expenditure. وسوف نتناول فيما يلى بالتفصيل التعرف على محددات تمثيل الطاقة عند أداء مسافات السباقات المختلفة.

أ ـ سباقات الـ ٢٥م، ٥٠م: 25m & 50m Events.

إن الأداء فى هذه السباقات يتقيد بالقدرة على تحقيق والمحافظة على المعدل العالى من السرعة. فالأداء يرتبط بمعدل استعادة دورة الـ ATP من خلال كلاً من نظامى الـ ATP-CP والتمثيل اللاهوائى، وربما الكمية القصوى من الفوسفوكرياتين المخزون فى الألياف العضلية. فالحمضية تحدد الأداء فى بعض الأحيان، وعلى الأخص فى سباقات الـ ٥٠م، ولكن ليس بسبب أن PH العضلة الذى أصبح منخفضاً بشكل كبير. والسباقات القصيرة جداً ممكن أن يحدث فيها ذلك. ومع ذلك، فالحمضية المعتدلة قد تكون هى المحدد للسرعة فى الأجزاء المتأخرة من السباق لأنها تقلل من معدل انقباض العضلات (نتيجة زيادة متطلباتها من الكالسيوم)، ولذا يجب أن يركز التدريب على تنمية قدرة أداء السباحات المختلفة وتحسين معدلات التمثيل اللاهوائى. ويشير **موجان وجليسون** ٢٠٠٤م MAUGHAN & GLEESON إن برامج تدريب السرعة تزيد من حجم العضلات وتحسن من زمن رد الفعل والقدرة اللاهوائية.

ب ـ سباقات الـ ١٠٠م، ٢٠٠م: 100m & 200m Events.

فى الثوان القليلة الأولى من هذه السباقات يكون نظام الـ ATP – CP هو المزود الرئيسى بمعظم الطاقة، وبعد ذلك يصبح التمثيل اللاهوائى هو المصدر الرئيسى للطاقة والذى يؤدى إلى إنتاج حمض اللاكتيك بسرعة واستعادة تكوين الـ ATP. وتعتبر الحمضية هى سبب التعب فى هذه السباقات.

إن معظم الرياضين لا يستطيعون السباحة عند المجهود الأقصى لأكثر من ٤٠ث قبل أن تصبح الحمضية الشديدة هى السبب فى بطء الأداء إلى حدّ بعيد. ومع ذلك، فالزيادة المتدرجة فى الحمضية تقلل من معدلات التمثيل وبالتالى تقل سرعة السباحة. وعادة ما يسرع السباحين فى الجزء الأول من سباق الـ ١٠٠م والذى خلاله تكون معدلات إنتاج حمض اللاكتيك قليلة

وبالتالى لا تؤثر الحمضية على سرعتهم بشكل ملحوظ حتى يقتربوا بشكل كبير من نهاية السباق، ويحدث ذلك أيضاً فى سباق الـ ٢٠٠م.

وبالنسبة لمعدلات استهلاك الأكسجين، فإن السرعة السريعة منذ بداية سباق الـ ١٠٠م وزمن أدائها القصير جداً لن يصل باستهلاك الأكسجين إلى حدة الأقصى، ولكن قد يصل إلى هذا الحد فى سباقات الـ ٢٠٠م قرب نهاية مسافة السباق. ووفقاً لذلك، فإن التمثيل الهوائى يلعب دوراً ثانوياً فى السباقات القصيرة، وتصبح مساهمته هامة جداً فى الجزء الأخير من سباق مسافة الـ ٢٠٠م، ولكن الدور الأكبر يكون لمعدلات انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة والمنظمات التى بداخلها.

ويعتبر التمثيل اللاهوائى بمعدلاته القصوى هو العامل المحدد لهذين السباقين ولكنه لا يلعب نفس الدور فى السباقات الأقصر. المهم أن يعى السباحون معنى السرعة العالية فى الأجزاء المبكرة من هذه السباقات مع متطلبات أقل من الطاقة وهذا ما يطلق عليه الخبراء السرعة السهلة Easy Speed.

إن معدل تمثيل الـ CP – ATP، وحجم المخزون فى الألياف العضلية من الفوسفوكرياتين يعتبرا محدداً جزئياً للأداء. فى هذين السباقين. ولا يمكنا أن نغفل معدل التمثيل الهوائى، فهو هام أيضاً حتى لسباحى الـ ١٠٠م، ولكنه يلعب دوراً ثانوياً بالمقارنة بالعوامل الثلاثة الأخرى السابقة،وهو مهم جداً لسباحى الـ ٢٠٠م، ولكن التدريب لتنميته يجب الا يتعارض مع Interfere with أو يتخطى المقادير الكافية من تدريب السرعة.



جـ- سباقات المسافات المتوسطة والطويلة:

Middle Distance & Distance Races.

تعتبر الحمضية هى السبب الرئيسى فى التعب فى سباقات المسافة المتوسطة والمسافة . فنظام الـ ATP-CP والنظام اللاهوائى يتحملا العبء

الأكبر للتزود بالطاقة خلال الثوان العديدة الأولى من سباقات هذه المسافات. والتى خلالها - بلا شك - سيقل الفوسفوكرياتين، ويصبح التمثيل اللاهوائى هو المحدد الرئيسى لاستعادة تكوين دورة الـ ATP.

ولا شك أن سباحة هذه المسافات يتطلب المزيد من الأكسجين، وهذا يتطلب الوصول بالسباحين بشكل عام للمستويات القصوى من استهلاك الاكسجين وانتقال اللاكتيك بعد الدقيقة الأولى من هذه المسافات، وبعد ذلك يستمر تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات. ولذا، فالسباحين لا يستطيعون المحافظة على سرعتهم لأكثر من ٤ - ١٢ دقيقة قبل أن تتراكم الأحماض الشديدة التى تتكون. ففى هذه السباقات وسباقات الـ ١٥٠٠ م كذلك، فإن قدرة السباحين على المحافظة على سرعة السباق الخاصة بهم تعتمد على:-

١- مقدار حمض البيرفيك وأيونات الهيدروجين التى يمكن للسباح تمثيلها هوائياً أثناء السباق.

٢- مقدار حمض اللاكتيك الذى يمكن نقلة من الألياف العضلية العاملة أثناء السباق.

٣- مقدار حمض اللاكتيك الذى يمكن أن تؤثر علية المنظمات Buffers أثناء السباق.

ويجب أن يركز التدريب على تحسين معدلات كلاً من التمثيل الهوائى واللاهوائى لسباحى هذه السباقات. وكما ذكرنا من قبل - فإن معدلات تمثيل الـ CP - ATP ومقدار المخزون من الفوسفوكرياتين فى العضلات لا يمكن أن يكون محدداً للأداء لمثل هذه السباقات.

د ـ التدريب على مدى الأيام: Day - to - Day Training.

من المهم بمكان أن تشمل فترات التدريب اليومية على مزيج من سرعات السباحة المختلفة. بعضها سهلة جداً وتشمل أنشطة مثل الإحماء



والتهدئة، والبعض الأخر خفيفة وتشمل تمرينات اداء السباحة Stroke Drills والسباحة الإستشفائيه، وضربات الرجلين وحركات الذراعين، والسباحات الطويلة أو المجموعات الطويلة لتكرارات معتدله السرعة. والجزء الرئيسى من الجرعات التدريبية يشمل بعض من تدريب الشدة والتحمل أو بعض من تدريب السرعة السريعة جداً Very Fast Sprint Training. كما أن معظم الجرعات التدريبية تشمل أيضاً على مسافات قصيرة ذات سرعات عالية.

ففى السرعات البطيئة، فإن معظم الطاقة تأتى من تمثيل الدهون، لأن الدهون تمثيل معظم المصدر الوفير Plentiful لإعادة دورة الـ ATP بالمعدل المطلوب للأداء. بينما الفوسفوكرياتين وجليكوجين العضلة والجلوكوز والبروتينات تكون مساهمتها فى المد بالطاقة قليل وبمقادير صغيرة، وبالتالى سيكون حمض اللاكتيك المنتج بكمية صغيرة أثناء السباحة، بينما يزيد استهلاك الفرد الرياضى للأكسجين بدرجة كبيرة تسمح للتمثيل الهوائى للقيام بدورة فى تزويد العضلات العاملة بالطاقة لإعادة تكوين الـ ATP. والأحماض الناتجة عند هذه السرعات البطيئة لا تسبب التعب.

ويمكن للسباحين الاستمرار فى السباحة طالما لديهم بأجسامهم القدر الكافى من الدهون.

فعندما يزيد السباحون من سرعتهم إلى السرعة المعتدلة (الأقل من الأقصى) ما بين ٧٠٪ - ٨٥٪ من المجهود الأقصى، فإن جليكوجين العضلة سوف يزود بمزيد من الطاقة، وتظل هذه العملية هوائية غالباً. ويلاحظ تراكم بعض من حمض اللاكتيك خلال الدقائق المبكرة من السباحة، ولكن سيتم تمثله بعد مرور هذه الدقائق للقليلة الأولى عندما يزيد الأكسجين الذى تزود به العضلات العاملة. والحمضية ليست هى سبب التعب هنا عند هذه السرعات.

أما السرعة الأسرع والتى تتخطى الـ ٧٠٪ - ٨٥٪ من المجهود الأقصى، فإن المطلوب من الطاقة فيها لمعظم السباحين سيكون أكبر من

الاعتماد على التمثيل الهوائى بمفردة. لذا فإن معظم البيروفيك وأيونات الهيدروجين الزائدة سوف تندمج لتكوين حمض اللاكتيك. وسوف يصبح المصدر الرئيسى للتزود بالوقود هو جليكوجين العضلة، أما مساهمة الجلوكوز والدهون والبروتين بالطاقة تكون ثانوية . وتعتبر الأحماض بشكل عام هى سبب التعب عند التدريب بهذه السرعات. وتكون معدلات استخدام جليكوجين العضلة عالية، وعلى الأخص أثناء أداء المجموعات التكرارية حيث يمكن للسباح تأخير ظهور الحمضية عن طريق أخذ فترات راحة قصيرة بعد كل تكرار داخل المجموعات.

ويعتبر جليكوجين العضلة والفوسفوكرياتين هما المصدران الرئيسيان للوقود اللازم للسرعات القصيرة . ومع ذلك، فإن جليكوجين العضلة الذى يستخدم سيكون قليلاً. فكل مسافة سباحة أو كل مجموعة تكرارية ستكون قصيرة جداً لدرجة أن تمثيل الجليكوجين بالمعدل المطلوب سيكون سريعاً، ولكن إجمالى هذا المعدل الذى يتم تمثيله سيكون صغيراً. كما إن التزود بفوسفوكرياتين العضلة سيقل إلى حد بعيد وذلك خلال الدقائق القليلة الأولى بعد أداء المجموعة التكرارية.

وكما نرى، فإن التدريب الذى يستمر ساعتين أو أكثر بأداء سباحة بمجهود يتخطى ٧٠٪ من سرعة السباق يستخدم فيها إلى حدّ بعيد جليكوجين العضلة. فعندما يكون المتوفر من هذه المادة منخفضاً داخل الألياف العضلية، فإن الرياضيون سيجدون أنفسهم غير قادرون على التدريب بالشدة التى يرغبون فى أدائها. ونتيجة لذلك، فإن السبب الشائع للتعب الناتج عن التدريب يوم بعد أخر هو النقص فى جليكوجين العضلة. وقد يقترب الرياضيون من نضوب هذه المادة لديهم بعد جرعة أو جرعتين تدريبيتين أو أكثر ذو شدة عالية زمن أدائها ساعة أو أكثر (**هوستون** ١٩٧٨م HOUSTON)، (**بيلتز وآخرون** ١٩٨٨م BELTZ, et al). ويؤكد **كوستل وآخرون** ١٩٨٨م أن الدليل الحاسم Conclusive إن الأيام المتتابعة من

التدريب الشديد تسبب فى الغالب النضوب الكامل لهذه المادة، حتى لو تم التزود بالقدر الكافى المتوفر من الدهون والبروتين وجلوكوز الدم.

وتظهر مشكلة الرياضين بعد استخدامهم كمية كبيرة من جليكوجين العضلة للحصول على الطاقة، حيث انه يتطلب من ٢٤-٤٨ ساعة من الراحة التامة أو التدريب منخفض الشدة لإعادة تكوينه. ووفقاً لذلك، فإن قدرة السباحين على أداء مجموعات تكرارية من التحمل الطويل ذو الشدة العالية تتحدد وتتغير بشكل كبير ودقيق عندما يكون التزود بجليكوجين العضلة منخفضاً. فقدرة السباحين على سباحة مجموعة تكرارية طويلة وسريعة مثل تكرارات من الـ ٥٠م، ١٠٠م فى شكل مجموعات (٦ مجموعات أو أكثر). قد تكون حلاً وسطاً وأكثر مناسبة لذلك ويمكن للسباحين تطبيقها.

وتظهر علامات التعب فى معاناة السباحين من نضوب جليكوجين العضلة الذى يختلف عن التعب الناتج عن الأحماض، فالألم لا يكون حاداً أو شديداً. بل تكون الشكوى **Complain** من الشعور بالكسل **Dull** وثقل العضلات وعدم القدرة على أداء حركات الذراعين وضربات الرجلين بالشكل المعتاد. فقد يعتقد هؤلاء السباحون أنهم غير متعبون ولكن الشعور السائد هو الإحساس بالكسل والوهن. ولكنهم سيكونون قادرون على سباحة مجموعات طويلة ببطء وبسرعات معتدلة أثناء التدريب مع يؤدى إلى عدم ظهور علامات التعب، وذلك نتيجة استخدام الجسم لمخزونه من الدهن وجلوكوز الدم والبروتين لاستعادة تكوين الـ **ATP** والحصول على الطاقة المطلوبة. ولكن إذا حاولوا السباحة بالسرعات العالية فسيكون الإجهاد هو المحصلة، نتيجة عدم كفاية **Insufficient** الجليكوجين فى العضلات العاملة لاستعادة تكوين الـ **ATP** بالسرعة الكافية لتدعيم هذه السرعات **To sustain those speeds**.



إن خطط التدريب الأسبوعية يجب أن تشمل على بعض التدريب الذى يساعد فى إعادة تكوين جليكوجين العضلة وذلك عن طريق وضع مجموعة سرعات قصيرة وسباحة طويلة بطيئة بعد كل جرعة أو جرعتين تدريبيتين من الجرعات ذات تدريبات السرعة أو التحمل الطويلة الشديدة داخل جدول التدريب الأسبوعى.

إن جليكوجين العضلة المنخفض عادة لا يعّد عاملاً مقيداً فى منافسات السباحة، وخاصة إذا كانت تغذية السباحين جيدة، ويحصلون على يوم أو اثنين من التدريب الخفيف قبل المنافسة. فكفاية جليكوجين العضلة هو المطلوب عادة لكل مسافات السباقات، حتى عندما يكون المخزون منه فى العضلات غير كاف، والحالة الوحيدة التى يكون فيها نضوب الجليكوجين مؤثراً فى المنافسات عندما تكون الكمية المتوفرة منه فى العضلات منخفضة قبل المنافسة مباشرة نتيجة التدريب الشديد لعدة أيام قبل المنافسة.

وهناك عامل محدد أساسى آخر هو تلف Damage الأنسجة من الأحماض الناتجة، حيث يشير **جولستراند** ١٩٨٥م GULLSTRAND أن الجرعات اليومية من التدريب الشديد تجعل ميتوكوندريا العضلة تفقد تركيبها ووظيفتها. حيث يعتقد أن تلك العضلات لدى الرياضين قد تتطلب ٢٤-٤٨ ساعة من التدريب قليل الشدة حتى تستشفى وتتكيف مرة أخرى عن طريق أداء فترات تدريبية طويلة وبطيئة.

وأخيراً... يمكنا تلخيص العوامل المحددة للأداء فى سباقات السباحة (سرعة، مسافة متوسطة ، مسافة) والتى تعّد مجالاً خصباً للأبحاث العلمية فى وطننا العربى، فيما يلى:

❖ فى سباقات الـ ٢٥م ٥٠م.

١- الأداء الميكانيكى الجيد لطرق السباحة المختلفة.

٢- معدل التمثيل اللاهوائى للطاقة.

٣- حجم الـ CP المخزون فى الألياف العضلية العاملة.

❖ فى سباقات الـ ١٠٠م، ٢٠٠م.

١- تكنيك السباحة الجيد.

٢- القدرة على تأخير ظهور الأحماض.

٣- معدل التمثيل اللاهوائى للطاقة.

٤- مقدار الـ CP المخزون فى الألياف العضلية العاملة.

❖ فى سباقات المسافة المتوسطة والطويلة

١- تكنيك السباحة الجيد.

٢- القدرة على تأخير ظهور الأحماض.

٣- معدل التمثيل اللاهوائى.

❖ التدريب على المدى الطويل Day – to Days Training.

١- نضوب جليكوجين العضلة.

٢- تضرر الأنسجة العضلية من الأحماض.

الفصل الثاني

التأثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى

Physiological Effects of Training

الفصل الثاني

التأثيرات الفسيولوجية للتدريب الرياضى

Physiological Effects of Training

للتدريب الرياضى تأثيراً على الأجهزة الفسيولوجية بجسم الإنسان، حيث يجعل أداء هذه الأجهزة أعلى من المستوى الطبيعى فى حالة الراحة. وهذه التغيرات التى تحدث نتيجة التدريب تسمح لهذه الأجهزة بأداء وظائفها بكفاءة وفعالية أثناء المنافسات الرياضية. وتنحصر الأغراض الرئيسية المراد تحقيقها من التدريب فيما يلى:-

١- زيادة معدلات الطاقة المتحررة أثناء السباقات.

٢- تأخير التعب الناتج عن أداء التدريب.

وكما ذكرنا من قبل، أن معدل الطاقة المتحررة وحدوث التعب Occurrence of Fatigue يرتبطا بعمليات تمثيل هوائية ولاهوائية معقدة تحدث داخل الياف عضلية محددة، كما يرتبطان أيضاً بعمل العديد من الأجهزة الفسيولوجية الأخرى بالجسم، مثل الجهاز التنفسى والجهاز الدورى والجهاز العصبى والجهاز الغددى (جهاز الغدد الصماء).

ولاشك أن عملية التدريب معقدة، فالتدريب اليومى سواء أكان بسيطاً أو شديداً فلن يُحَسّن عمل كل الأجهزة الفسيولوجية بالجسم أو كل نظم الطاقة بشكل متساوى. فدرجة التحسن تختلف من جهاز إلى أخر ومن نظام طاقة إلى أخر وفقاً لمحتوى التدريب وفترة دوامة وشدته وحجمه .... الخ. ولذا يجب العناية التامة بتخطيط التدريب وإجراءات تنفيذه.

كما يجب على المدربون أن يكون لهم هدف محدد فى أذهانهم عند وضع كل مجموعة تكرارية داخل برنامج التدريب، ومعرفة تأثير هذه المجموعات على كل جهاز فسيولوجى بالجسم. وسنتناول فيما يلى وصف

وشرح تأثيرات الأشكال المختلفة من التدريب على الأجهزة الفسيولوجية المختلفة.

١- تدريب نظام ثلاثى فوسفات الأدينوزين والفوسفوكرياتين:

Training the ATP-CP System

تأتى الطاقة اللازمة للانقباض العضلى من الـ ATP،حيث أنه هو المركب الكيميائى الوحيد المخزون فى العضلات والذى يمكن أن يمدها بالطاقة. والغرض الرئيسى لكل المراحل الأخرى للتمثيل الغذائى للطاقة هو إعادة تحرر الطاقة فى شكل الـ ATP حتى يمكن للانقباض العضلى أن يستمر. فهذا النظام من الطاقة (ATP-CP) يمكنه المّد بالطاقة اللازمة للانقباض العضلى بسرعة أكبر بالمقارنة بأى مرحلة أخرى من مراحل تمثيل الطاقة، ولكن لفترة قصيرة ما بين ٤-٦ ثوان فقط. ويتوقف تنظيم عملية تحرر الطاقة من خلال هذا النظام على نشاط الإنزيمات المحفزة Catalyze للتفاعلات المختلفة لهذا النظام. وهذه الإنزيمات هى أنزيم الـATPase والكرياتين فوسفوكينيز (CPK).

إن زيادة نشاط هذه الإنزيمات ، بالإضافة إلى زيادة مخزون العضلات من الـ ATP-CP يُزيد من قدرة الفرد الرياضى على المحافظة على السرعة القصوى التى يؤديها لفترة زمنية أطول، ومن ثَمَ تحسن أدائه. ويشير العديد من الخبراء إلى أن هذا النظام يفيد فقط فى سباقات الـ ٢٥م، ٥٠م، وأنه من المحتمل ألا يُزيد التدريب من نشاط هذه الإنزيمات بشكل كبير نتيجة أن المعدل الطبيعى لنشاطها يكفى للاستجابة للمسافات التى تستمر لثوانى قليلة.

ويفيد هذا النظام كثيراً فى المّد بالطاقة لحركات القوة الانفجارية (القوة اللحظية القصوى) مثل الدفع بالرجلين فى البدء فى السباحة وفى الدوران كذلك. ومن الصعب أن نرجع أداء السباحة التنافسية إلى هذا النظام حيث أن معدلات إنتاجه الطبيعية من عملية تمثيله قد تكون غير كافية لأداء السباح السرعة القصوى والتى تعتمد فى تحسنها على:-



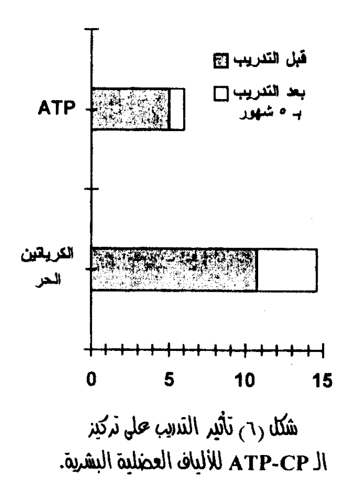
١- التكنيك الجيد لأداء طرق السباحة المختلفة.

٢- زيادة حجم وقوة الألياف العضلية للمجموعات العضلية الخاصة (العاملة فى الرياضة الخاصة بكل فرد رياضى) حتى يمكنها توليد قوة أكبر.

٣- تحسين معدل وشكل الليفة العضلية المجندة للعمل عن طريق الجهاز العصبى.

بمعنى آخر، فإن تنمية قوة العضلة وألياف الجهاز العصبى المجندة للعمل قد تفيد فى أداء السرعة القصوى للسباح بدرجة أكبر من زيادة نشاط الإنزيمات التى تنظيم عمل نظام الطاقة الـ ATP-CP . كما أن زيادة المخزون من الـ ATP-CP فى الألياف العضلية يعطى مؤشراً عن تأثير التدريب وأن هذا المخزون قد يزيد من سرعة السباحة. كما أن زيادة المعدل الأقصى من ناتج عملية استعادة دورة الـ ATP قد تعطى ثوان إضافية قليلة لأداء السباح عند السرعة القصوى مما يساعد السباح فى المحافظة على سرعته السريعة لفترة زمنية أطول قليلاً. وتشير الدراسات العلمية أن التدريب يؤدى إلى زيادة المخزون من الـ ATPبنسبة ١٨٪، الـ CP بنسبة ٣٥٪ (**ماك دوجال وآخرون** ١٩٧٧م MAC DOUGALL, et al.) والشكل التالى يوضح نتائج هذه الدراسة.

وقد يلجأ بعض الرياضيون - إلى جانب التدريب - إلى إضافة كرياتين الفوسفات إلى غذائهم بهدف زيادته فى عضلاتهم، وهذا ما يعرف بحمل الكرياتين Creatine loading. وهذا الأجراء يزيد من الكرياتين الحر داخل الألياف العضلية بنفس المقدار الذى يحدثه التدريب وهو ٢٠٪ (**هو لتمان وآخرون** ١٩٩٦م HULTMAN,et al) ولكن نتائج الدراسات العديدة التى تمت حتى الآن حول استخدام حمل الكرياتين



شكل (٦) تأثير التدريب على تركيز الـ ATP-CP للألياف العضلية البشرية.

ودورة فى تحسن الأداء أشارت إلى عدم وجود تحسن (**سودر لوند ، اكلبلوم ١٩٩٤م** SODER LUND & EKBLOM)، (**جرنيهاف ١٩٩٥م** GREENHAFF)، (**موجان ١٩٩٥م** MOUGHAN)، (**ميوجيكا وآخرون ١٩٩٦م** MUJIKA, et al.,).

ويرجع العلماء الذين أيدوا أن زيادة الـ CP – ATP فى العضلة لم تُظهر تحسناً فى الأداء فى سباقات السباحة إلى :-

١- طول مسافة السباق.

٢- عدم كفاية مقدار الزيادة الناتج من الـ ATP- CP.

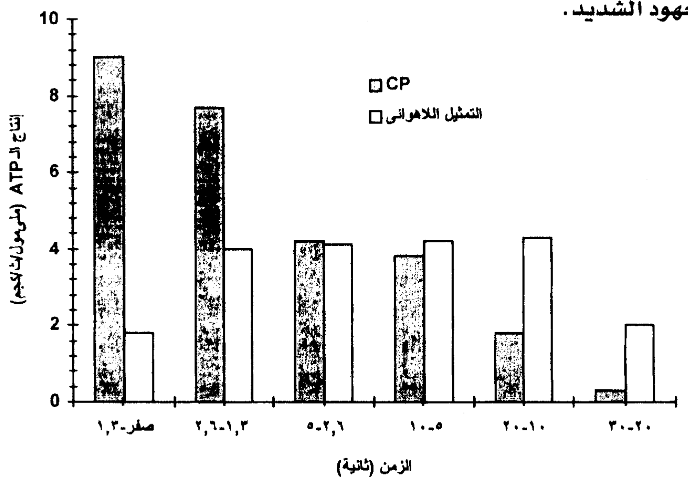
هذا بالإضافة إلى أن الزيادات التى تحققت بنسبة ١٨ ٪ للـ ATP، ٢٠٪ - ٣٥٪ للـ CP تعادل فعليا النسبة المئوية التى يمكن أن يحققها التدريب. وبالتالى فإن تأثيرها سيكون ثانويا بالمقارنة بما يحققه التدريب. ويشير **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن الزيادة فى مد الألياف العضلية بالـ ATP بحوالى واحد ملى مول/كيلو جرام والتزود بـ ٣ ملى مول / كيلو جرام من الـ CP قد تساعد السباحون على المحافظة على السرعة القصوى لمدة ١-٢ث إضافية، حيث يمكن ترجمتها إلى تحسن قدرة السباحين بمقدار ٠,١٠-٠,٢٠ث فى سباق الـ ٢٥م، ٥٠م. ومثل هذا التحسن وفى تلك الحدود، فإن السباح يمكنه تحقيقها بزيادة القدرة العضلية وزيادة معدل التمثيل اللاهوائى للطاقة وتحسين الأداء الميكانيكى لطرق السباحة المختلفة.

كما أن الزيادة فى الـ ATP-CP بالعضلات قد لا يفيد كثيرا فى تحقيق تحسن ملحوظ فى السباقات الأطول حيث تكون سرعة السباح فى الجزء الأول من السباق أقل من السرعة القصوى إلى حد ما، لذا فالأفضل للسباحين أن يؤدوا تدريبات الأداء Drillsالتى تحسن القوة العضلية والقدرة على أداء طرق السباحة المختلفة، وبالتالى فإن الـ ATP-CP بالعضلات العاملة سوف يزيد كناتج للتدريب والذى يجب أن يتم على الأرض، كما أن تدريب السرعة داخل الماء يلعب الدور الرئيسى فى تحقيق ذلك، لأن قدرة أداء

السباحات المختلفة سوف تتحسن فقط فى حالة تجنيد الليفة العضلية الخاصة التى تعمل فى الاتجاه الصحيح للأداء (**سال** ١٩٨٦م SALE).

٢ـ تدريب التمثيل اللاهوائى: Training Anaerobic Metabolism

خلال الـ ٥-٦ ثوان الأولى من سباق السباحين، فإن التكسير اللاهوائى لجليكوجين العضلة يمثل نصف الطاقة الناتجة لاستعادة تكون الـ ATP-CP تقريبا. ومع ذلك، فإن درجة الزيادة فى عملية التمثيل اللاهوائى بالعضلات لن تصل لأكبر مقدار لها من الطاقة اللازمة لأداء السرعة خلال ١٠ – ١٥ ث بعد بداية السباق (**سيرس وأخرون** ١٩٨٨م .SERRESSE, et al). والشكل التالى يوضح مساهمات الـ CP والجلكزة اللاهوائية لاستعادة تكوين الـ ATP خلال ٣٠ث من المجهود الشديد.



شكل (٧) مساهمات الفوسفوكرياتين والتمثيل اللاهوائى
لإستعادة تكوين الـ ATP أثناء ٣٠ث من التمرين.

يلاحظ أن معظم الطاقة اللازمة للانقباض العضلى كانت من الـ CP أثناء الـ ٢,٦ث الأولى، وأن الجلكزة اللاهوائية تمد بالطاقة من الثانية الأولى من بداية المجهود. ووفقا لذلك، فإن حمض اللاكتيك سوف ينتج حتى أثناء هذه

المرحلة المبكرة من أداء المجهود . فمن ٢,٦ - ١٠ث الأولى، فإن الطاقة اللازمة لاستعادة تكوين الـ ATP والتى يساهم فيها الـ CP والجلكزة اللاهوائية ستكون متعادلة تقريبا، وبعد أن تصبح عملية الجلكزة اللاهوائية هى المساهم الرئيسى فى المد بالطاقة لاستعادة الـ ATP أثناء الـ ٢٠ث الأخيرة من المجهود. فمساهمة الـ CP سوف تقل إلى حد بعيد أثناء الفترة من ١٠-٢٠ث الأولى من الأداء.

وكما ذكرنا من قبل، فإن عملية إعادة تكوين الـ ATP من عملية الجلكزة اللاهوائية ستكون أبطء من العملية المرتبطة بالـ CP لأن هذه العملية عبارة عن إحدى عشر خطوة بالمقارنة بعملية الـ CP التى تشمل خطوة واحدة. ووفقا لذلك، فإن قدرة السباح على أداء السباحة السريعة ستقل لبعض الوقت بعد الثوانى القليلة الأولى من السباق بمقدار ١٠٪ تقريبا بعد الـ ٤-٦ ثوان الأولى من المجهود نتيجة النضوب الجزئى للـ CP الموجود بالعضلة وتصبح الجلكزة اللاهوائية هى المصدر الرئيسى للطاقة لاستعادة تكوين الـ ATP (**نيوشولم وآخرون** ١٩٩٢م .NEWSHOLME, et al) ولهذا السبب فإن معدل الجلكزة اللاهوائية ستؤثر بشكل أكبر من نظام الـ CP - ATP على أداء السباحين.

ويحدث التدريب زيادة فى كلا من كمية ونشاط العديد من الإنزيمات الخاصة بعملية الجلكزة اللاهوائية (**كوستل، فينك، بولوك** ١٩٧٦م COSTILL, FINK & POLLOK)، (**جاكوبز وآخرون** ١٩٨٧م .JACOBS, et al). والسرعة هى التى تعبر بوضوح شديد عن زيادة فى الإنزيمات اللاهوائية، بينما تدريب التحمل يتجه نحو تقليل كميتها ومعدل نشاطها، وعموما، فإن التدريب يحدث زيادة فى الإنزيمات اللاهوائية ولكن ليس بنفس القدر الذى قررته الدراسات فى الإنزيمات المرتبطة بعملية التمثيل الهوائى، حيث قررت هذه الدراسات أن الزيادة فى الإنزيمات اللاهوائية تنحصر ما بين ٢٪ - ٢٢٪.

وكما ذكرنا من قبل، فإن تدريب التحمل يكبت Suppress نشاط معظم الإنزيمات اللاهوائية. ويشير كلا من **بالدوين وآخرون** ١٩٧٣م

BOLDWIN, et al. ، هولوسوزى ١٩٧٣م HOLLOSZY، سجودين،جاكويز ١٩٨١م SJODIN & JACOBS . إن العقبة الرئيسية لزيادة كمية الإنزيمات اللاهوائية هو تدريب التحمل الذى يؤديه السباحون، وأن العلاقة بين تدريب التحمل وتدريب السرعة الفائقة علاقة عكسية لأن تدريب التحمل يقلل من معدل التمثيل اللاهوائى.

ويعتقد بعض الخبراء أن معدل التمثيل اللاهوائى يكون غالبا سريع عندما يكون الفرد الرياضى غير مدرب. ويذكرون أن هناك دليل يشير إلى حقيقة أن العديد من السباحين لديهم القدرة على تحقيق أفضل أداء لسرعتهم بعد فترة طويلة من التوقف Long Layoff.

أن المشكلة التى يواجها معظم السباحين هى أنهم يجب أن ينمى لديهم كلا من التحمل والسرعة وذلك للارتقاء بأدائهم فى معظم سباقات السباحة. ولكن من المفضل أن يؤدوا مقدار أكبر من تدريب التحمل، لأن ذلك هو الأمثل حتى يستطيعوا المحافظة على قدرتهم الطبيعية لاستعادة تكوين الـATP بسرعة خلال عملية التمثيل اللاهوائى. ولمزيد من الإيضاح، فإن معدلات الانقباض العضلى والتمثيل اللاهوائى للطاقة يقل خلال معظم مراحل الموسم التدريبى نتيجة المقادير الكبيرة من تدريب التحمل الذى يؤدونه، ثم يتجهون إلى استرداد سرعتهم خلال فترة التهدئة Taper. ومع ذلك، فعندما يكون فقد السرعة شديد والتهدئة قد لا تكون طويلة بالقدر الكافى، فإن السرعة لن تعود إلى مستوياتها الطبيعية. هذا لاشك، ينطبق بشكل كبير على سباحى السرعة حيث أنهم لن يستطيعوا الأداء الجيد إذا لم يستطيعوا استرداد سرعتهم السريعة (السرعة القصوى)، بينما سباحى المسافة المتوسطة والمسافة قد تكون لديهم القدرة على الأداء الجيد على الرغم من فقد سرعتهم السريعة (الفائقة) إذا ما حققوا تحسنا ملحوظا فى مستوى التحمل.

ويجب أن نضع فى الاعتبار أن سباحى السرعة يمكن أن يجعلوا تدريبهم أكثر تأثيرا إذا ما ركزوا على تحقيق المزيد من التحسن فى معدلات

انقباض العضلات والتمثيل اللاهوائى للطاقة وتحقيق تحسنا جزئيا فى التحمل الهوائى، (كوننجهام، فولكنر CUNNINGHAM & FAULKNER)، (كارلسون وآخرون KARLSSON, et al. ١٩٧٢م)، (سالتين وآخرون ١٩٧٦م).

وقد قرر أولبرشت OLBRECHT ٢٠٠٠م وجود زيادة فى القدرة اللاهوائية الطبيعية للرياضيين البالغين، وأن حدوث ذلك يتطلب ما بين ١-٢ سنة من التدريب التخصصى فى برامج منتظمة.

٣- تأثير التدريب فى تأخير ظهور الحمضية :

Effect of Training to Delay Acidosis

يتم تأخير الحمضية خلال السباقات أو التدريب لدى السباحين بثلاث طرق رئيسية هى:

١- تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك.

٢- انتقال حمض اللاكتيك من الليفة العضلية العاملة.

٣- أو زيادة نشاط المنظمات المرتبطة بحمض اللاكتيك.

بالإضافة إلى زيادة تحمل الفرد الرياضى للألم الناتج عن الحمضية.

إن أول تأثيرات التدريب هذه يمكن أن تتم عن طريق تحسين عملية التمثيل الهوائى، مما يجعل مزيد من حمض البيروفيك وأيونات الهيدروجين الناتج أثناء عملية التمثيل اللاهوائى يمثل تمثيلا هوائيا، وبالتالى تقل الكمية المنتجة من حمض اللاكتيك فى العضلات عند أى سرعة سباحة. وثانيها يرتبط ببعض حمض اللاكتيك الذى نتج أثناء السباقات أو التدريب، حيث ينقل من ألياف العضلات العاملة إلى مناطق أخرى من الجسم، مما يقلل من تأثير حمض اللاكتيك على الأداء، والإجراء الثالث يرتبط بالمنظمات الكيميائية Buffers، فحمض اللاكتيك الذى يتبقى فى العضلات أثناء المجهود الشديد والذى يحتوى على أيونات الهيدروجين تؤثر عليها المنظمات وتجعلها لا تقلل من مستوى الـ PH العضلات بسرعة. فهذه التأثيرات التدريبية

الثلاثة يمكنها فقط تأخير معدلات الحمضية Acidosis ولاشك أن هذه الحمضية تسبب الألم عند حدوثها فى السباقات. فتحسن تحمل الفرد الرياضى لهذا الألم يجعله قادرا على المحافظة على سرعته السريعة لفترة زمنية أطول قليلا على الرغم من تلك التأثيرات. ونتناول هذه التأثيرات التدريبية الثلاث بالتفصيل فيما يلى.

أولا: تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك:

Reducing the Rate of Lactic Acid.

كما ذكرنا من قبل، فإن البيروفيك وهو الناتج النهائى لعملية التمثيل اللاهوائى يتحد مع أيونات الهيدروجين لتكوين حمض اللاكتيك ما لم يتحول كلا من البيروفيك وأيونات الهيدروجين إلى مركبات أخرى خلال عملية التمثيل الهوائى. إن ظهور هاتين المادتين (المركبين) يعتمد على سرعة السباح. فالسرعات السريعة تتطلب معدلات أسرع لعملية التمثيل اللاهوائى حتى يمكن أن تظل عملية التزود بالـ ATP ثابتة، لذا فإن معدلات إنتاج البيروفيك وأيونات الهيدروجين سوف ترتبط مباشرة بسرعة سباحة الفرد الرياضى، وفى نفس الوقت، فإن نقص مقادير هاتين المادتين اللتين اتحدتا لتكوين حمض اللاكتيك يعتمد على السرعة حيث مثلتا لاهوائيا. مرة أخرى، فإن هذه السرعة تعتمد على الأكسجين الذى تزود به العضلات. ووفقا لذلك، فإن معظم التكيفات التدريبية التى تقلل من معدل إنتاج حمض اللاكتيك فى الألياف العضلية لا شك أنها تساعد فى زيادة المد بالأكسجين للألياف العضلية العاملة. ومع ذلك، فإن الزيادة فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (Vo_2max) يتحقق بالتدريب. ونظرا لأن استهلاك الأكسجين يلعب دورا كبيرا فى تقليل معدلات إنتاج حمض اللاكتيك، فسوف نناقش تأثيراته الدالة على الأداء فيما يلى:

تنمية استهلاك الأكسجين: Improving Oxygen Consumption.

تشير الدلائل الناتجة من الدراسات العلمية إلى وجود علاقات دالة بين الـ Vo2max ومستوى الأداء فى السباقات التى تنحصر ما بين ١٠٠م- ١٥٠٠م، فالتدريب يؤدى إلى زيادة الـ Vo2max بنسبة ٢٠٪ - ٣٠٪ خلال برنامج تدريبى لمدة من ٨-١٠ أسابيع، ومن ٤٠٪ - ٥٠٪ خلال من ١-٤ سنوات. والتدريب أيضا يقلل من زمن الاستجابة لاستهلاك الأكسجين (جرين ١٩٩٦م GREEN) .وبمعنى أخر، أن الرياضيون يمكنهم زيادة استهلاك الأكسجين من الراحة إلى أقصى مستوى خلال فترة زمنية أقصر.

وتقسم تأثيرات التدريب التى تزيد عملية التزود بالأكسجين أثناء التمرين الرياضى إلى فئتين هما:

١- التأثيرات التى تزيد الأكسجين المتحرر إلى العضلات.

٢- التأثيرات التى تزيد الأكسجين الذى تستهلكه العضلات.

أما بخصوص التأثيرات التدريبية التى تحدث التكيفات التى تزيد معدل وحجم الأكسجين المتحرر للعضلات نذكرها فيما يلى:

١- الزيادة فى معدل انتشار الأكسجين الرئوى داخل مجرى الدم.

فالتدريب يزيد من حجم الهواء وبالتالى حجم الأكسجين الذى يحصل عليه الجسم فى كل دقيقة من التمرين. وجزء من هذا الأكسجين ينتشر من الرئتين ليدخل مجرى الدم، حيث يحمل إلى القلب ثم يدفع إلى العضلات.

٢- زيادة الحجم الكلى من الدم فى الجسم.

وهذه الزيادة فى حجم الدم تقلل كثافة الدم للدرجة التى تسمح له بالتدفق بصورة أسرع من القلب إلى العضلات.

٣- الزيادة في عدد خلايا الدم الحمراء.

إن الأكسجين الموجود بالدم يتحد مع الحديد الموجود في المركب البروتيني الذي يسمى الهيموجلوبين، حيث يكون المكون الخلوي Cellular Component لهذا السائل. كما أن زيادة الهيموجلوبين سوف تسمح للدم لنقل المزيد من الأكسجين.

٤- زيادة الدفع القلبي.

" يعرف الدفع القلب بأنه حجم الدم المدفوع من القلب في الدقيق"، فعند زيادة الدم المدفوع، فإن كل خلية دم حمراء يمكن أن تزيد سرعة رحلتها بدء من الرئتين. حيث أنها تزيد مقدار الأكسجين الواصل للعضلات، وبالتالي، فكلما زاد الدم المدفوع بما يحتويه من خلايا دم حمراء تحمل الأكسجين، فإن الحجم الكلي للاكسجين الواصل للعضلات سوف يزيد أثناء كل دقيقة من التمرين، فالزيادة في الدفع القلبي تقدر بـ ٥٠٪ تقريبا من الزيادة في الـ VO2max التي يحققها التدريب (**هولوسزي، بوث** ١٩٧٦م HOLLOSZY & BOOTH) والـ ٥٠٪ الأخرى تأتي من التحسن في الاستهلاك الذي تقوم به الألياف العضلية العاملة.

٥- زيادة الشعيرات الدموية المحيطة بكل ليفة عضلية.

ينقل مجرى الدم الأكسجين من الرئتين من خلال الجانب الأيسر من القلب، ثم يدفعة إلى الألياف العضلية في الأوردة والشرايين والشرينات Veins, Arteries, Arterioles وأخيرا إلى الشعيرات الدموية Capillaries حيث ينتشر داخل الألياف العضلية المحيطة بها. فالزيادة في عدد تلك الشعيرات سوف يزيد الأكسجين فيها، وبالتالي تنتشر كمية أكبر من الأكسجين داخل الألياف العضلية.

٦- التحسن في الدم المحول إلى العضلات العاملة.

إن الجسم البشري يحتوي على ٥ لتر دم تقريبا، ويوزع بالتساوي على جميع أجزاء الجسم خلال فترات الراحة بينما خلال بذل الجهد أو التمرين

الرياضى، فإن الأوعية الدموية Blood Vessels الخاصة بالعضلات العاملة تتمدد Dilate، بينما تتقلص الأوعية الدموية الخاصة بالعضلات الغير عاملة، مما يؤدى إلى زيادة مقدار الدم الإجمالى المنقول بشكل مباشر إلى الألياف العضلية العاملة، مما يؤدى إلى زيادة كمية الأكسجين الواصلة لهذه الألياف العضلية العاملة.

وهناك العديد من تأثيرات التدريب التى تزيد من الأكسجين الذى تستفيد منه العضلات نذكرها فيما يلى:

أ- زيادة الميوجلوبين المخزون فى الألياف العضلية.

فالأكسجين المنتشر داخل الألياف العضلية يحمله الميوجلوبين إلى الميتوكوندريا بهذه الألياف العضلية حيث يمكنه أن يساهم فى عملية التمثيل الهوائي للطاقة. ومع ذلك، فإن الزيادة فى ميوجلوبين العضلة يؤدى إلى زيادة الأكسجين المتوفر لعملية التمثيل الهوائى.

ب- زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا.

إن عملية التمثيل الهوائى فى مجملها تحدث فى الميتوكوندريا، لذا فإن زيادة عددها وحجمها يزيد من قدرتها على امتصاص المزيد من الأكسجين وتوفيرة لعملية التمثيل الهوائى.

جـ- زيادة نشاط الإنزيمات التى تنظم عملية التمثيل الهوائى.

هناك عامل اخر يتحكم فى معدل التمثيل الهوائى- بجانب مقدار الأكسجين المتوفر- وهو نشاط العديد من الإنزيمات . ويؤدى تدريب التحمل إلى تحسن تركيزها ومعدلات نشاطها. ومع توفر الأكسجين الكافى وان يكون PH العضلات قريب من المستوى الطبيعى، فإن الإنزيمات سوف تزيد من معدل التمثيل الهوائى مما قد يقلل من البيروفيك وذرات الهيدروجين والكتروناتها.

ويضيف **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن هناك بعض التأثيرات الفسيولوجية الأخرى التى تحدثها طرق التدريب المختلفة نستعرضها فيما يلى:

أ) زيادة سعة (قدرة) الانتشار الرئوى:

Increasing Pulmonary Diffusing Capacity

يعرف الانتشار الرئوى بأنه "مقدار الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى مجرى الدم" وهذا الانتشار له غرضين هامين هما:

الأول: أنه يعوض الأكسجين الذى استنزف من خلايا الدم الحمراء أثناء رحلته حول الجسم.

الثانى: أنه ينتقل ثانى أكسيد الكربون من الدم.

فالانتشار الرئوى يزيد وبشكل مباشر ومتناسب طرديا مع شدة التمرين الرياضى، وخاصة خلال عملية التبادل بين الهواء المستنشق مع كل تنفس والهواء الغير نقى من الدم عند شدة المجهود المنخفض،وذلك عن طريق زيادة معدل الشهيق كلما زادت شدة التمرين. فالتدريب يزيد من المقدار الأقصى من الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى داخل مجرى الدم عن طريق زيادة كلا من المقدار الإجمالى من الهواء المستنشق إلى داخل الرئتين فى كل دقيقة ومقدار الأكسجين الخارج منها فى نفس الزمن.

فالأشخاص الغير مدربون يستبدلون ما بين ٨٠ – ١٤٠ لتر من الهواء كل دقيقة وفقا لحجم أجسامهم، فالأفراد الأكبر حجما يكون استبدال الهواء لديهم فى الدقيقة الواحدة أكبر بالمقارنة بالأشخاص ذوى الأجسام الأصغر نتيجة أن حجم الرئتين لديهم أكبر . والتدريب يزيد أقصى مقدار للهواء يمكن أن يستبدله الفرد فى كل دقيقة من التمرين الرياضى بما يعادل ٥٠٪. فالأفراد الرياضيون يمكنهم تنفس ما يزيد عن ١٨٠ لتر من الهواء فى الدقيقة، وقد حقق الكثير من الرياضيون المدربون جيدا تنفس حجم من الهواء يتخطى الـ ٢٤٠ لتر/ق (**ويلمور، كوستل** ١٩٩٩م).

ويفسر العلماء هذه الزيادة فى الحجم الأقصى من الهواء فى الدقيقة نتيجة زيادة كلا من حجم الهواء المستنشق مع كل تنفس وعدد مرات التنفس فى الدقيقة، وأن هذه الزيادة نتيجة تحسن فى قوة تحمل عضلات التنفس وعضلات ما بين الضلوع **Intercostal Muscles** الداخلية والخارجية.

أن حجم الأكسجين الذى ينتشر من الرئتين إلى مجرى الدم يعتمد بشكل كبير على عدد الحجيرات الهوائية فى الرئتين وعدد الشعيرات الدموية المحيطة بها. فالحجيرات عبارة عن أكياس صغيرة جدا **Tiny sacs** فى نهاية أنابيب شعبتى القصبة الهوائية **Bronchial Tubes** التى تمتلئ **Fill** بالهواء أثناء عملية الشهيق.

فالأكسجين الموجود فى الهواء بالرئتين ينتشر خارج هذه الأكياس ويدخل الشعيرات الدموية التى تحيط بها، والتى تنقلها إلى مجرى الدم ومنه إلى القلب. وفى المقابل، فإن ثانى أكسيد الكربون الناتج من عملية التمثيل الغذائى ينتشر أيضا من الشعيرات الدموية إلى داخل الحجيرات ومن ثم زفرة إلى خارج الجسم.

وإن عدد الحجيرات الهوائية فى الرئتين لدى الأشخاص العاديين الغير مدربون تكفى – بل تزيد عما هو مطلوب - لاستيعاب كل الهواء المستنشق. فمنطقة الخدمة التى تغطيها الحجيرات الهوائية ضخمة وقد تغطى ما يعادل نصف ملعب التنس الفردى (**بروكس ، فاهى** ١٩٨٧م **BROOKS & FAHEY**). ومن غير المستغرب أن التدريب الرياضى لا يسبب أى زيادة جوهرية فى تركيبه تلك الحجيرات، ولكن من المؤكد أنه يحسن من مطاطية جدار هذه الحجيرات حتى يمكنها أن تملئ وتفرغ **Fill & Empty** بسهولة أكثر.

ومن ناحية أخرى، فإن التدريب يُزيد من عدد الشعيرات الدموية التى تحيط بكل الحجيرات الهوائية، مما يزيد من الأكسجين المنتشر خارج هذه الحجيرات إلى مجرى الدم (**جنسين، فيشر** ١٩٧٥م **JENSEN & FISHER**) وعلى

الرغم من هذه الزيادة، فإن نتائج الدراسات تناقضت Contradictory حول تأثير التدريب على مقدار الأكسجين الذى ينتشر إلى خارج الحجيرات الهوائية ويدخل الدم أثناء التمرين.فقد قرر بعض الباحثون وجود زيادة (ماجل، أندرسون Magel & Anderson) ، والبعض الأخر قرر عدم وجود تغير (جيبنز وآخرون ١٩٧٢ GIBBINS, et al)، (هاجبرج، يارج، سيلز ١٩٨٨م HAGBERG, YARG & SEALS)، (ماهلر، موريتز، لوك ١٩٨٢م MAHLER, MORITZ & LOKE). وفى دراسة على السباحين أشار جيبنز وزملائه أن هناك تحسن فى عملية الانتشار الرئوى.

إن النتائج المتضاربة Contradictory Findings حول تأثير التدريب على القدرة القصوى للانتشار الرئوى شئ وارد نظراً لأن انتشار الأكسجين من الحجيرات الهوائية إلى الدم لا يبدو أنه يقيد قدرة الفرد الرياضى على مّد العضلات بالأكسجين. فمقدار الهيموجلوبين فى الدم هو الذى يحدد قدرة الدم على حمل الأكسجين والتى تبلغ ما بين ١٦-٢٤ ملليلتر أكسجين لكل ١٠٠ مليلتر من الدم. ووفقاً لذلك، فإن الأكسجين الداخل إلى الحجيرات الهوائية حتى لدى الأفراد الغير مدربين يكون أكثر من الذى دَخَلَ إلى الدم أثناء التمرين الرياضى. وقد أظهرت الدراسات أن الدم عندما يترك الرئتين يكون مشبعاً Saturated تماماً بالأكسجين وذلك أثناء أداء التدريبات الشاقة، وكما هو معروف، فإن نصف مقدار الأكسجين الموجود فى هواء الشهيق يخرج مع عملية الزفير ولا يدخل إلى الجهاز الدورى. ومع ذلك فإن زيادة الأكسجين المتوفر للانتشار من الحجيرات الهوائية لا يؤدى بالضرورة إلى زيادة الأكسجين المنتشر فيها. لذا، فالانتشار الرئوى لا يظهر حتى تتقيد قدرة الفرد الرياضى على استهلاك الأكسجين، فالتحسن فى هذه القدرة مع التدريب لا تعتبر هامة لتنمية التحمل.

وحديثاً، فى القرن العشرين، واستخدم الرياضيون تمرينات التنفس العميق Deep – breathing وتمرينات تقيد التنفس (كتم النفس) – Breath

Holding بغرض تحسين أقصى مستوى لتبادل الأكسجين (الانتشار الرئوى للأكسجين)،. ومازال بعض الرياضيون يستخدمون هذه التمرينات اعتقاداً خاطئاً منهم بأن هذه التمرينات سوف تحسن المعدلات القصوى لاستهلاك الأكسجين لديهم. فمثل هذه التمرينات غير ضرورية. فأى تدريبات داخل الماء أو خارجة تحدث ضغوطاً على معدل وعمق التنفس لفترة زمنية أطول تحدث زيادة فى المعدلات القصوى للانتشار الرئوى وهذا يعتبر علامة على تحسن التحمل لدى الفرد الرياضى.

فالسباحين إذا انتظموا فى برنامج تدريبى يشمل على مزيج طبيعى من طرق التدريب، فإن ذلك سوف يحسن كلاً من معدل وعمق التنفس.

فالتدريب لا يؤثر بشكل واضح على حجم الأكسجين المنتشر من الرئتين إلى الدم أثناء أداء المجهود الأقل من الأقصى، ولكنه يجعل هذا الأكسجين يتم التزود به بطريقة أكثر فعالية، بينما يقل معدل التنفس فعلياً أثناء التمرين الأل من الأقصى لدى الرياضيون المدربون، بمعنى آخر، أن الأفراد الرياضيون المدربون يستهلكون نفس مقدار الأكسجين عن طريق أخذ تنفس أكثر عمقاً ولكن عدد مرّاته اقل.

ب) زيادة خلايا الدم الحمراء: Increasing Red Blood cells.

إن خلايا الدم الحمراء تحتوى على الهيموجلوبين والحديد الذى يجعل الدم ذات اللون الأحمر، إذن فزيادة خلايا الدم الحمراء هامة. لأن أى زيادة فى الهيموجلوبين يصاحبها زيادة فى مقدار الأكسجين الذى يحمله الدم، والذى يعتبر أحد لأسباب التى تجعل الأفراد الرياضيون فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر يتدربون بشكل أكثر كفاءة نتيجة زيادة الهيموجلوبين لديهم. ولنفس السبب، فإن بعض الرياضيون يتعاطون منشط الدم Blood doping (وهو عبارة عن إعادة حقن الدم الذى سحب من الفرد الرياضى مرة أخرى قبل المنافسة) أو استخدام هرمون الأيريثروبوتين Erythropoietin (Epo) التى تعمل على زيادة عدد خلايا الدم الحمراء.

وفى أحسن الأحوال، فإن التدريب عند سطح البحر يُحّدث تحسناً طفيفاً فى قدرة الدم على حمل الأكسجين، فقد أشارت بعض الدراسات إلى عدم حدوث زيادة، بينما البعض الأخر قررت حدوث تحسن ضئيل بلغ حوالى ٨٪ عند التدريب عند سطح البحر (جرين وآخرون ١٩٩١م .Green, et al). ومن ناحية أخرى، فإن العديد من الدراسات قررت وجود زيادة من ٧٪ - ١٨٪ فى الهيموجلوبين الموجود بالدم بعد التدريب فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر (**كارفونين، بلتوت، سارلا** ١٩٨٦م KARVONEN, PELTOTE & SAARELA)، (**هانون وآخرون** ١٩٦٩م .HANNON, et al).

جـ- زيادة حجم الدم: Increasing Blood Volume.

يبلغ الحجم الإجمالى للدم فى جسم الإنسان ٥ لتر تقريباً، ويؤدى تدريب التحمل إلى زيادة هذا الحجم بنسبة ٣٠٪ تقريباً (**جرين وآخرون** ١٩٩١م). والتدريب الذى يحدث زيادة فى الهيموجلوبين يؤدى أيضاً إلى زيادة كثافة الدم أى يصبح الدم أكثر لزوجة More Viscous. ويمثل الهيموجلوبين الجزء الصلب Solid Portion من الدم. فإذا لم يزداد الجزء السائل Fluid portion بالتوازى مع الجزء الصلب (الهيموجلوبين)، فإن الدم لا يندفع خلال الشرايين والأوردة بسهولة مما يؤدى إلى نقص حجم الأكسجين الواصل للعضلات العاملة فى كل دقيقة من العمل (التمرين).

ولحسن الحظ، أن التدريب الرياضى يؤدى إلى زيادة الجزء السائل من الدم بدرجة تزيد نسبياً عن الزيادة فى الجزء الصلب (الهيموجلوبين) من الدم مما يؤدى إلى نقصاً فعلياً فى لزوجه الدم. فالنقص فى لزوجة الدم بعد التدريب قد تؤدى إلى زيادة معدلات الدم المتدفق خلال الاوعيه الدموية أثناء التمرين الرياضى، وبالتالى يزيد حجم الأكسجين الذى يصل إلى الألياف العضلية. فالتدريب الذى يسبب نقصاً فى لزوجة الدم يظهر عند بعض الرياضيون ذو المستوى العالى أنه إصابة بالأنيميا نتيجة أن الهيموجلوبين

(الجزء الصلب من الدم) أصبح أكثر انخفاضاً بالمقارنة بالجزء السائل من الدم. ويشير **ويلمور وكوستل** ١٩٩٩م إلى أن تدريب التحمل ذو الشدة العالية نسبياً يؤدى زيادة حجم الدم.

د - زيادة الدفع القلبى: Increasing Cardiac Output.

يعرف الدفع القبلى بأنه "كمية الدم التى يدفعها القلب فى الدقيقة" وهو ناتج حجم الضربة القلبية **Stroke Volume** (وهى كمية الدم المدفوعة من القلب فى الضربة القلبية الواحدة) ويضاعف بمعدل نبض القلب(وهو عدد ضربات القلب فى الدقيقة). ويبلغ الدفع القلبى حوالى ٥ لتر فى وقت الراحة، أما أثناء المجهود الأقصى فإنه يزيد ليصل إلى ١٤ - ١٦ لتر/ دقيقة لدى الأفراد الغير مدربين. ويؤدى التدريب إلى زيادته ليصل إلى ٣٠-٤٠ لتر/ دقيقة، مما يكون سبباً رئيساً لزيادة الأكسجين الذى تزود به الألياف العضلية (**بروكس، فاهى** ١٩٨٧م).

إن الزيادة فى أقصى دفع قلبى تكون نتيجة التحسن فى حجم الضربة القلبية للفرد الرياضى (كمية الدم التى يدفعها القلب فى الضربة الواحدة). فأقصى معدل لنبض القلب لا يزيد مع التدريب، أما معدل نبض القلب الأقل من الأقصى أثناء أداء المجهود الرياضى يقل بعد التدريب. وربما يؤدى إلى زيادة حجم الضربة أثناء المجهود الأقصى والأقل من الأقصى بنسبة تتخطى الـ ٥٠٪.

إن تدريب التحمل الطويل والبطيئ عند معدل نبض قلب منخفض (١١٠ - ١٣٠ ن/ق) يعتبره العلماء أنه أفضل عمل يؤدى إلى تحسن حجم الضربة. ويعتقد **استراند و رودال** ١٩٧٧م(ASTRAND & RODAHL) أن التدريب عند سرعة بين ٥٠٪ - ٦٠٪ من السرعة القصوى هى الأداء المثالى لتحقيق هذا الغرض . فمعدلات نبض القلب المنخفضة تُزيد من حجم الضربة بشكل اكبر، لان المعدلات العالية من الأداء تجعل بطينى القلب لا يجدا الوقت الكافى للامتلاء بشكل كامل بالدم بين الضربات. وبالتالى فإن الدفع القلبى سيكون

أكبر أيضاً عند السرعات السريعة، وحجم الضربة سيكون أكثر انخفاضاً، وتأثير التدريب سوف يقل.

وتحدث الزيادة فى حجم ضربة القلب لدى الرياضين نتيجة تدريب التحمل ذو الشدة المعتدلة، ولذا فإن أداء مجموعات تكرارية للتحمل فى السباحة عند شدة عالية نسبياً يعطى الفرصة للقلب على التدريب على الامتلاء بمعدل أسرع، مما يمكن الفرد الرياضى من المحافظة على نسبة مئوية أكبر من الزيادة فى الحجم الأقصى لضربة القلب قرب معدل نبض القلب الأقصى (**جلدهيل، كوكس،جامنيك** ١٩٩٤م GLEDHILL,COX & JAMNIK)، (**سبينا واخرون** ١٩٩٢م SPINA, et al.).

إن هذه الخطوة الثانية ضرورية وهامة نتيجة أن الرياضين يجب أن يكون لديهم القدرة على المحافظة على حجم ضربة القلب الكبيرة عند معدل نبض قلب عالى إذا ما أرادوا زيادة أقصى دفع قلبى لديهم وبالتالى يحصلوا على مزيد من الأكسجين المتوفر للعضلات أثناء السباقات.

إن تأثير التدريب على حجم الضربة القلبية يمكن حسابه عن طريق رسم خريطة لمعدلات نبض القلب للسباحين أثناء أداء مجموعات تدريبية معايرة تنتج معدلات نبض قلب ما بين ١٢٠- ١٧٠ ن/ق لدى معظم السباحين، فاى نقص فى معدلات نبض القلب عند هذه السرعات الأقل من الأقصى يدل على أن حجم الضربات قد زاد.

هـ- زيادة الشعيرات الدموية العضلية: Increasing Muscle Capillaries.

اظهرت الدراسات أن تدريب التحمل يُزيد عدد الشعيرات الدموية المحيطة بالحجيرات الهوائية والألياف العضلية (**برودال، إنجير، هيرمانسين** ١٩٧٦م Brodal, Ingjer & Hermansen)، **كارو، برون، فان هوس** ١٩٦٧م CARROW, BROWN& VAN HUSS)، (**هيرمانسين، واشتلوفا** ١٩٧١م

HERMANSEN, WACHTLOVA). وتؤكد أحدى هذه الدراسات أن زيادة الشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية العاملة لدى الفرد الرياضى ترتبط بتنمية التحمل. وقد أظهرت العديد من الدراسات أن تلك الزيادة تبلغ ١٥٪ - ٥٠٪ بعد تدريب التحمل طويل المدى (**اندرسون** ١٩٧٥م ANDERSSON، **روسلر وآخرون** ١٩٨٥م ROSLER, et al).

ولا شك أن زيادة الشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية تُحّدث بالضرورة زيادة واضحة فى كمية الأكسجين التى تنتشر من الدم لداخل العضلات. فالأشخاص الغير مدربين عادة ما يملكون من ٣-٤ شعيرات حول كل ليفه عضلية، بينما الأفراد المدربون من رياضى التحمل لديهم من ٤-٦ شعيرات حول كل ليفه عضلية (**سالتين وآخرون** ١٩٧٧م).

ويمكنا أن نستنتج أن زيادة الشعيرات الدموية يكون حول الألياف العضلية المستخدمة فى التدريب فقط، على خلاف العديد من التكيفات الدورية الأخرى - ذكرناها من قبل - مثل التى ترتبط بالقلب والشرايين الكبيرة التى تخدم أجزاء معينة من الجسم، فإن أى نوع من تدريبات التحمل يمكنها أن تحقق تلك التكيفات، حيث يفيد فى ذلك أى نوع أخر من العمل البدنى . ومثال لذلك، أن الزيادة فى حجم ضربة القلب الناتجة عن تدريب الجرى قد تفيد الرياضين عندما يسبحون. ولكن بالنسبة للشعيرات الدموية التى حول الألياف العضلية فالوضع يختلف، حيث تكون الزيادة فيها مخصصة فقط للألياف العضلية التى تدربت، فالشعيرات الدموية لا تنتقل من ألياف عضلية إلى أخرى على الرغم من زيادتها نتيجة التدريب، بمعنى أن الجرى يزيد من عدد الشعيرات الدموية حول عضلات الرجلين، ولكنة لا يزيد من عدد الشعيرات التى حول ألياف عضلات الذراعين والجذع. ولهذا السبب فإن السباحون يجب أن يؤدوا معظم تدريبهم الهوائى داخل حمام السباحة للتأكيد على أن الزيادة التى ستحدث فى عدد الشعيرات الدموية

ستكون حول الألياف العضلية المستخدمة فى التدريب. كما يجب أن يستخدموا الأشكال الأخرى من تدريب التحمل كمكملات لتدريب السباحة وليس كبديل عنه.

و- تحسن انتقال الدم: Improved Blood Shunting.

إن الجسم البشرى يحتوى على حوالى ٥ لتر دم. وفى حالة الراحة، فإن هذا الحجم يوزع بالتساوى بين أنسجة الجسم المختلفة، ولكن أثناء التمرين الرياضى يزيد دفع الدم إلى العضلات العاملة، ويقل للعضلات الغير عاملة والأنسجة العضلية الاخرى. ولمزيد من الإيضاح، فإنه فى حالة الراحة نجد أن ١٥٪ - ٢٠٪ فقط من الحجم الإجمالى للدم يذهب إلى العضلات الهيكلية، بينما أثناء التمرين الرياضى تزيد هذه الكمية إلى ٨٥٪ أو ٨٠٪ (**ماتيوز، فوكس** ١٩٧٦م MATHEWS & FOX). وبالتالى يذهب المزيد من الأكسجين والعناصر الأخرى إلى حيث الحاجة إليها، كما يزيد أيضاً ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك المنتقل من الألياف العضلية العاملة أثناء أداء المجهود الرياضى حيث يتم التخلص منهما.

إن التدريب الرياضى يُزيد من نسبة الدم المتدفق للعضلات العاملة أثناء المجهود الأقصى (**كلاوسين وآخرون** ١٩٧٣. CLAUSEN, et al ، **كول، دول، كبلر** ١٩٧٢م KEUL, DOLL & KEPPLER، سالتين ١٩٧٣م، **سيمنز، شيفرد** ١٩٧٢م Simmons & shepherd) مما يؤثر بشكل إيجابى على الأداء. ويقرر **هينريكسون** ١٩٩٧م HENRIKSSON أن هناك زيادة بلغت ٨٪ فى حجم الدم المدفوع للعضلات العاملة أثناء التمرين، ولا شك أن تدريب التحمل هو صاحب التأثير الغالب فى زيادة الدم المتدفق إلى العضلات العاملة أثناء التمرين.

ويضيف **ماجلشو** ٢٠٠٣م أن تدريب التحمل ذو السرعة هو الذى يُزيد من تمدد Dilation الأوعية الدموية. وأن تأثيره أكبر من تدريب التحمل ذو السرعة البطيئة أو المعتدلة، لذا فإنه يؤكد على أن السباحون يجب أن



يستخدموا فى تدريبهم نفس الألياف العضلية التى ستستخدم فى المنافسات التى يشاركون فيها حتى تتدرب الأوعية الدموية على التمدد بمزيد من السرعة، وبالتالى ستكون نواتج التدريب أفضل.

ز- زيادة الميتوكوندريا: Increasing Mitochondria.

الميتوكوندريا عبارة عن شجيرات (نبتات) كيميائية صغيرة Small chemical plants توجد فى الخلايا العضلية، حيث تحدث عملية التمثيل الهوائى، وهى تُبْنَى فى البروتينات. فكلاً من الألياف العضلية البطيئة والسريعة تحتوى على العديد من الميتوكوندريا، ولكنها توجد بأعداد وفيرة فى الألياف العضلية البطيئة.

ويؤدى التدريب إلى زيادة كلاً من حجمها وعددها فى كلاً من نوعى الألياف العضلية (**مورجان وآخرون** ١٩٧١م MORGAN, et al.) ويبلغ مقدار الزيادة فى حجم الميتوكوندريا ١٢٠٪ فى دراسة تمت على بعض الأفراد بعد برنامج تدريب تحمل مدته ٢٨ أسبوع، أما الزيادة فى عددها فقد بلغ ما بين ١٤٪ - ٤٠٪ (**كيسلنج، بيهل، لوندكويست** ١٩٧١م KIESSLING, PIEHL & LUNDQUIST). وفى دراسة أخرى أجراها **روسلر وآخرون** ١٩٨٥م ROSLER,et al. قررت نتائجها وجود زيادة فى حجم الإجمالى بلغت ٤٠٪، وتشمل هذه الزيادة كلاً من حجم وعدد الميتوكوندريا.



وتساعد هذه الزيادة فى الميتوكوندريا فى تقليل معدل إنتاج حمض اللاكتيك، وتجعل عملية التمثيل الهوائى تؤثر فى عدد أكبر من المواقع Locations داخل كل ليفه عضلية، مما يزيد من الطاقة الناتجة من عملية التمثيل الهوائى أثناء كل دقيقة من التمرين فى حالة توفر الأكسجين اللازم. ومن المحتمل أن يسمح هذا التأثير بجانب الزيادة فى الميوجلوبين للأفراد المدربين باستخدام نسبة مئوية أكبر من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين دون حدوث زيادة فى إنتاج اللاكتيك.

إن السباحة هى أفضل طريقة لزيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية للسباحين، حتى يكون التأثير فى الألياف العضلية العاملة فقط والمطلوبة للأداء أثناء السباقات. ومع ذلك، فإن التدريب باستخدام رياضة غير السباحة قد يفيد ولكن ليس للألياف الخاصة التى ستستخدم فى سباقات السباحة. ووفقاً لذلك فإن الشد بالذراعين فى السباحة لن يحدث زيادة فى عدد وحجم الميتوكوندريا فى عضلات الرجلين للسباحين، وكذلك فلن تفيد ضربات الرجلين فى زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية للذراعين والكتفين والجذع. وبناء على ذلك، فإن تدريب التحمل الطويل والبطيئ يمكن أن يُزيد من عدد وحجم الميتوكوندريا فى الألياف العضلية البطيئة. ولكن لزيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة، يجب على السباحين أداء تدريب التحمل عند سرعات ما بين المتوسطة والسريعة. ووفقاً لذلك، يجب أن يشمل تدريب السباحون على تدريب التحمل بسرعات متنوعة ما بين البطيئة والسريعة حتى تتحقق الزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى جميع الألياف العضلية التى ستستخدم فى السباقات وفقاً لتخصص كل سباح.

ولكن يجب أن نحذر من أن أداء تدريب التحمل ذو السرعة العالية كثيراً قد يأتى بنتائج عكسية. حيث أن التحمل ذو السرعة قد ينتج عنه أحماض شديدة. وهذا يستوجب من المدرب الحذر. كما يجب ألا يسُتّخدم هذا النوع من التحمل عندما يكون جليكوجين العضلات العاملة قد قرب على النضوب، فمثل هذا النوع من المجهود قد يَضّر Damage عملية تجديد الميتوكوندريا. وكذلك، فإن ظهور هذه الأحماض الشديدة قد يؤدى إلى ظهور حالة التدريب الزائد لدى السباحين (**جولستراند** ١٩٨٥م GULLSTRAND). كما أن عدم كفاية جليكوجين العضلات أثناء تدريب السباحين قد يجعل عملية تمثيل الطاقة تتم بالبروتين الداخل فى بناء تلك العضلات مما يسبب تضررها.

ولكن فى حالة استخدام تدريب التحمل ذو السرعة بصورة غير مبالغ فيها، فإنه يُحّدث زيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة بشكل مقتصد خلال كل أسبوع تدريبى ولفترات قصيرة لدرجة أن الميتوكوندريا فى هذه الألياف العضلية والألياف الأخرى لن تتضرر من هذا النوع من المجهود. وهنا يجب أن يعلم السباحون والمدربون أن زيادة حجم وعدد الميتوكوندريا فى الألياف العضلية السريعة يمكن أن يتم عن طريق السباحة عند سرعات معتدله لفترات طويلة تجعل الألياف السريعة تتجه نحو تناوبRotate أداء العمل مع الألياف العضلية البطيئة أثناء السباحة.

وأخيراً ... يشير **مالك دوجال وآخرون** ١٩٩١م أن التدريب فى المرتفعات يؤدى إلى زيادة الميتوكوندريا فى العضلات العاملة بدرجة أكبر مما يحققه التدريب فى المناطق التى عند مستوى سطح البحر.

ح - زيادة الإنزيمات الهوائية Increasing Aerobic Enzymes.

عند زيادة عدد وحجم الميتوكوندريا، فإن الإنزيمات الهوائية الموجودة بها تزيد (مورجان وآخرون ١٩٧١م) مما يؤدى إلى أن تتم عملية التمثيل الهوائى للطاقة بمعدل أسرع. فالزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا يلازمها Concomitantزيادة فى نشاط الإنزيمات الهوائية الموجودة بذات العضلات، وقد يؤدى ذلك إلى تحسن العتبة الفارقة اللاهوائية للفرد الرياضى بدرجة أكبر من التحسن الذى يحدث فى الـ Vo_2max.

ويظهر التدريب زيادة نشاط الإنزيمات الهوائية بدرجة غير متناسبة Out of Proportion to مع التحسن فى الـ Vo_2max الناتج من هذا التدريب. (**جولنك، هودجسون** ١٩٨٦م GOLLNICK,& HODGSON)، (**جولك وآخرون** ١٩٧١م) و(**ويلمور وكوستل** ١٩٩٩م) أن نشاط الإنزيمات الهوائية يستمر فى الزيادة حتى بعد التحسن فى الـ Vo_2max ولكن ليس لفترة طويلة، ومع ذلك، فزيادة نشاط الإنزيمات الهوائية قد يكون تأثيرها أكبر على الأداء مع استمرار



التمرين عند نسبة مئوية معينة من الـ Vo_2max بالمقارنة بما يحدث من زيادة الـ Vo_2max نفسه (**دايفيز، باكر، بروكس** ١٩٨١م DAVIES, PACKER, & BROOKS). وفى نفس الوقت، فإن التحسن فى الـ Vo2max قد يكون أكثر تعادلاً مع قدرة الجهاز الدورى على تحرير الأكسجين للألياف العضلية العاملة بالمقارنة بقدرة هذه الألياف على استخدام هذا الأكسجين فى عملية التمثيل الهوائى (**روول** ١٩٧٤م ROWELL).

وفى ضوء ذلك، فإن تدريب تحمل السرعة البطيئ والسريع والذى يؤدى إلى زيادة الميتوكوندريا فى الألياف العضلية البطيئة والسريعة يُزيد أيضاً من نشاط الإنزيمات الهوائية فى هذه الألياف. فالأحجام الكبيرة من تدريب التحمل البطيئ تحقق الزيادة فى نشاط الإنزيمات الهوائية فى الألياف العضلية البطيئة. وقد تحققت الزيادة الأكبر عندما كانت مستويات التدريب تتطلب من الفرد الرياضى استخدام نسبة مئوية عالية (٧٠٪ - ٨٠٪) من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين الخاص به، وقد يكون ذلك نتيجة أن التدريب عند هذا المستوى يجعل الألياف العضلية السريعة تشارك فى أداء هذا التدريب وتتحمل بعض من حمل هذا المجهود (**هنريكسون** HENRIKSSON ١٩٩٢). وكذلك، فالشدة يجب أن تكون بالقدر الذى يُمَكّن الفرد الرياضى من المحافظة على التوازن بين معدل إنتاج حمض اللاكتيك ومعدل التخلص منه بحيث يظل الـ PH قرب مستوياته الطبيعية.

إن PH العضلات حينما ينخفض، فإنه يقلل من نشاط إنزيمات هوائية معينة، فى حين يسبب زيادة فى معدلات إنتاج حمض اللاكتيك. ولزيادة نشاط تلك الإنزيمات الهوائية يجب زيادة نشاط عملية التمثيل الغذائى للبيروفيك وأيونات الهيدروجين خلال عملية الأكسدة، ولتحقيق ذلك، فإن معظم حجم التدريب يجب أن يكون عند أو أقل قليلاً من مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية للفرد الرياضى، والقليل من هذا الحجم يؤدى بسرعات سريعة.



وقد يكون التدريب فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر أكثر تأثيراً من التدريب عن مستوى سطح البحر فى تحقيق الزيادة فى نشاط إنزيمات التمثيل الهوائى للطاقة. بالإضافة إلى أن نشاط هذه الإنزيمات يرتبط بشكل كبير بالزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا. كل ذلك قد يفسر لنا لماذا التدريب فى المرتفعات يحسن مستوى أداء الفرد الرياضى.

ط - زيادة الميوجلوبين : Increasing Myoglobin.

والميوجلوبين هو البروتين المحتوى على الحديد فى الألياف العضلية، وهو الذى يعطيها اللون الأحمر. وله وظيفتين فى الخلايا العضلية. أهمها أنه يمتص الأكسجين الذى ينتشر داخلها وينقله إلى الميتوكوندريا حيث يستخدم فى عملية التمثيل الهوائى. والوظيفة الثانية هى أنه يخزن كميات صغيرة من الأكسجين فى الخلايا العضلية - حوالى ٢٤٠ ملى لتر - كاحتياطى يستخدم خلال الثوان العديدة الأولى من التمرين الرياضى مزوداً الميتوكوندريا بالأكسجين.

والألياف العضلية البطيئة تحتوى على مقدار من الميوجلوبين يزيد بمقدار الـ ٣/١ تقريباً بالمقارنة بالألياف العضلية السريعة لنفس العضلة والمتممة لها.

وقد قررت بعض الدراسات العلمية أن التدريب لا يُحدث زيادة فى الهيموجلوين بعد برنامج تدريبى لمدة ثمان أسابيع (**سفيدنهاج، هنريكسون، سيلفان** ١٩٨٣م SVEDENHAG, HENRIKSSON & SYLVAN). كما يشير البعض الأخر أن هيموجلوبين العضلات لا يختلف بين الأفراد المدربين على التحمل والأفراد الغير مدربين (**جانسون، سيلفين، سجودين** ١٩٨٣م JANSSON, SYLVEN & SJODIN). ومع ذلك، فإن التدريب فى المرتفعات قد يحدث زيادة فيه، حيث أن الأفراد الذى يعيشون فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر لديهم زيادة فى الهيموجلوبين بعضلاتهم تبلغ أكثر من ١٦٪ بالمقارنة

بـالآخرين الذيـن يعيشـون فـى المنـاطق التـى علـى سـطح البحـر (**رينافـارج** REYNAFARJE). أمـا إذا كـان التدريب فـى المناطق المرتفعة لفترات قصيرة قد يحدث زيادة فى حجم الميوجلوبين فلم تُشر هذه الدراسة إلى ذلك.

وعلى الرغم من عدم وجود الدليل العلمى على ذلك على الإنسان، إلا أن معظم الدراسات التى تمت على الحيوانات أظهرت أن العضلات المدربة على التحمل تمتلك المزيد من الهيموجلوبين بالمقارنة بالعضلات الأقل تدريباً (**هيكسون** ١٩٨١م HICKSON). وهنا يرى ماجلشو ٢٠٠٣م أنه على المدربون والرياضيون اعتبار أن الهيموجلوبين يَزِيد كواحدة من النتائج الهامه لتدريب التحمل، وأن يضعوا ذلك فى الاعتبار عن التخطيط لبرامجهم التدريبية للاستفادة من هذا التأثير حتى تظهر الدلائل التى تؤكد ذلك.

ومن الملاحظ أن مجموع ما كتب حول هذا الموضوع أعطى القليل من الاهتمام لنوع التدريب الذى يكون له التأثير فى تحسين محتوى العضلات من الميوجلوبين، ومع ذلك، فقد إشارت إحدى الدراسات أنه عن التدريب على السرعة، فإنه يجب أن تكون قرب المستويات الأقصى. وبطبيعة الحال فإن الألياف العضلية البطيئة تحتوى على كميات كبيرة من الهيموجلوبين مع احتمال زيادته حتى يصل إلى نقطة الإخفاق فى قدرته على نقل الأكسجين إلى الميتوكوندريا، وفى المقابل، فإن الألياف العضلية السريعة قد يكون احتمال تحسن محتواها من الميوجلوبين أكبر، ويصبح نشاطها كبيراً عندما تكون شدة التدريب عالية نسبة إلى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين (Vo_2max) فربما لا تقل عن ٧٠٪ - ٨٠٪ من الـ Vo_2max (**اندرسون، سجوجارد** ١٩٧٥م ANDERSON & SJOGAARD)

ك - تنمية دورة الجلوكوز - الألنين Improving the Glucose -Alanine cycle.

يلعب البروتين أيضاً دوراً محدوداً فى تقليل إنتاج حمض اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى خلال عملية تعرف بدورة الجلوكوز - الألنين Glucose – Alanine (**فيلج، وارين** ١٩٧١م FLEIG & WAHREN).

ويتكون الألنين من خلال إتحاد بعض من البيروفيك المتكون نتيجة لعملية التمثيل اللاهوائى مع الأمونيا **Ammonia** مما يؤدى إلى عدم توفر البيروفيك ليتحد مع أيونات الهيدروجين، وبالتالى فإن الناتج من حمض اللاكتيك سيكون قليل.

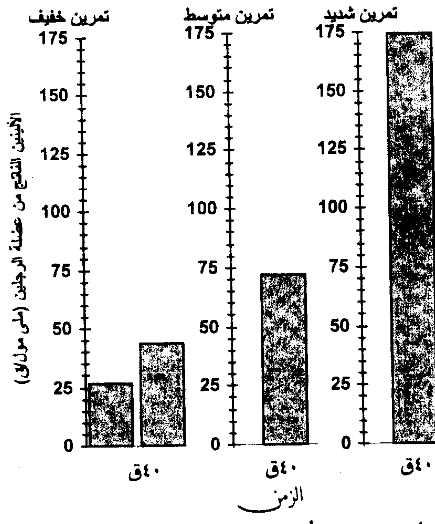
إن الالنين الناتج من هذه العملية ينقل إلى الكبد، حيث يمكن تحويله مرة أخرى إلى جلوكوز كجزء من عملية أخرى تسمى بدورة كورى **Cori cycle**. وفى هذه الحالة يعود الجلوكوز مرة أخرى لمجرى الدم، حيث يحمله إلى العضلات حيث يستخدم فى استعادة تكوين الـ **ATP**.

وتظهر أهمية دور دورة الجلوكوز – الألنين أثناء الأداء الرياضى للسرعات القصيرة وأيضاً خلال سباقات التحمل، ولكن من غير المؤكد **Doubtful** أن لها أى تأثير إيجابى على الأداء فى السباقات الأقصر من الـ ١٠٠م (**ويكر وآخرون** ١٩٨٣م **WEICKER, et al.**). ويعتبر معدل البيروفيك المتكون، وبالتالى الـ **ATP** الذى أعيد تكوينه من خلال عملية التمثيل اللاهوائى هو العامل الرئيسى فى المحافظة على السرعة فى هذه السباقات، وليس انتقال البيروفيك. ولكن انتقال بعض البيروفيك عن طريق تحويله على الالنين قد يكون له التأثير الأكبر على تقليل الأحماض أثناء سباقات التحمل الطويلة ذات السرعة لأن هذه العملية تؤثر بتقليل مقدار حمض اللاكتيك الناتج عند أى سرعة سباحة يؤديها السباح.

وتشير الدراسات العلمية أن تحويل الجلوكوز إلى الالنين تكون استجابة للتدريب (**بروكس، فاهى** ١٩٨٤م، **ويكر وآخرون** ١٩٨٣م)، وقد يكون ذلك ناتج عن نشاط الأنزيم الرئيسى الذى ينظم هذه العملية، ويسمى بإنزيم الالنين ترانسمينيز **Alanine Transminase**، حيث انه يزيد مع التدريب (**مول وآخرون** ١٩٧٣م **MOLE, et al.**) ومع ذلك، لم تتوفر المعلومات الكافية عن التأثير النسبى لتدريب السباحة بشداتها المختلفة (معتدلة – منخفضة – عالية) على هذا الإنزيم.



والشكل التالى يوضح نتيجة دراسة أجراها فيليج ، وارين ١٩٧١ (FELIG & WAHREN) على إنتاج الالنين أثناء التمرين الرياضى.



شكل (٨) يبين تأثير ثلاث فترات من التمرين الرياضى بشدات مختلفة على إنتاج الألنين.

ويُظهر الشكل أن محتوى الألنين فى العضلات يصبح أكثر من ثلاثة أضعاف مستواه الطبيعى عندما تكون شدة تمرين التحمل المستخدم عند المستوى العالى. ويشير **ويكر وزملائه** ١٩٨٣م أن هناك نسبة تركيز عالية من الألنين فى عضلات العداءين بعد السباقات التى تنحصر مسافاتها ما بين الـ ١٠٠- ١٥٠٠م.

وعلى الرغم من ذلك، فإن هذه العملية قد تساهم بشكل كبير فى تقليل حمض اللاكتيك فى العضلات عند أى سرعة سباحة حتى السرعات العالية منها.

ثانياً :زيادة معدل التخلص من اللاكتيك من الدم والعضلات:

Increasing the Rate of Lactate Removal From Blood and Muscles:

نعرف جميعاً أن حمض اللاكتيك هو الفضلات الناتجة عن عملية التمثيل اللاهوائى للطاقة والتى تحدث خلال التمرين الرياضى، وكان من المعتقد فى السابق أن هذا الحمض يظل فى العضلات والدم حتى يتم نقلة أثناء فترة الاستشفاء اللاحقة للتمرين. ولكن فى السنوات الأخيرة، أشارت نتائج

العديد من الدراسات بوضوح أن هذا الحمض ينقل باستمرار أثناء التمرين الرياضى وكذلك خلال فترة الاستشفاء. ويعبر مقدار اللاكتيك المتراكم فى الألياف العضلية أثناء التمرين الرياضى عن الفرق بين كمية الحمض الناتجة عن عملية التمثيل اللاهوائى داخل هذه الألياف العضلية والمقدار المنتقل منه إلى الدم أثناء التمرين الرياضى.

وعندما تكون شدة التمرين المستخدم أقل من قدرة عمل الألياف العضلية على أكسدة البيروفيك والهيدروجين هوائياً، فيتكون حمض اللاكتيك خلال أداء المجهود مبكراً، وعندما يكون الأكسجين اللازم للأداء غير كاف مؤقتاً، فإن هذا الحمض يُحَوَلَ مرة أخرى إلى بيروفيك وهيدروجين ويتأكسد داخل هذه الألياف العضلية.

إن عملية انتقال حمض اللاكتيك لا تمثل أهمية كبيرة للأداء الجيد إلا عند الأداء بسرعة السباق حيث أن انتقاله من مناطق إنتاجه (العضلات العاملة) يؤخر من معدل النقص فى الـ PH فى تلك العضلات أثناء السباقات، مما يجعل الفرد الرياضى قادراً على المحافظة على أداء السرعات السريعة لفترات زمنية أطول، وعلى ذلك، فإن المعدل الأسرع من انتقال حمض اللاكتيك يؤدى إلى أن يكون نقص الـPH للعضلات العاملة أبطأ، لذا فإن أى تحسن فى هذا المعدل نتيجة التدريب سيكون مفيداً إلى حدّ ما فى الأداء الرياضى.

ويعتقد العديد من الخبراء أن زيادة معدل انتقال حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة يمكن أن يقلل بدرجة كبيرة من معدل الحمضية فى هذه العضلات أثناء التمرين. وهناك العديد من الدراسات قررت أن هناك علاقة دالة بين معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة والدم، ومستوى الأداء (**مسونيز وآخرون** ١٩٩٧م MESSONNIES et al.,)، (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م MAC RAE, et al.).



أ- عملية التخلص من حمض اللاكتيك: Lactate Removal Process.

يذكر **جول** ١٩٩٧م GUEL أن انتقال حمض اللاكتيك لخارج العضلات العاملة هو ناتج كلاً من الانتشار السلبى والانتقال النشط له. حيث يعتمد معدل الانتشار على الاختلاف بين تركيز حمض اللاكتيك داخل الليفه العضلية وتركيزه فى الدم أو أجزاء الجسم الأخرى Compartments. فعندما تحدث معدلات عالية من إنتاج حمض اللاكتيك داخل الألياف العضلية، فإن مزيد من هذا الحمض يتجه نحو الخروج منها، ومع ذلك، فهذه العملية تعتمد على معدل اللاكتيك الذى ينتشر من الدم إلى الأنسجة العضلية الأخرى.

وفى السنوات الأخيرة، أشار العلماء إلى أن مقدار اللاكتيك المنقول من العضلات أثناء التمرين الرياضى يبلغ ٥٠٪ - ٧٠٪ (**جول** ١٩٩٧م) وكما ذكرنا من قبل، فإن بعض من حمض اللاكتيك يمكن نقلة من بروتوبلازم الألياف العضلية إلى ميتوكوندريا نفس الألياف العضلية، حيث يتم تحويله مرة أخرى إلى بيروفيك تتم أكسدته (الانتقال المكوكى لحمض اللاكتيك) (**بروكس وآخرون** ١٩٩٦م BROOKS, et al)، ويتم ذلك خلال التمرين الرياضى المستمر، إن معظم حمض اللاكتيك الذى يتم نقله بهذه الطريقة يتم إنتاجه فى الألياف العضلية البطيئة. وهناك جزء أخر من هذا الحمض المتبقى ينقل إلى داخل الألياف العضلية المجاورة Adjacent muscle Fibers حيث تتم أكسدته (جول ١٩٩٧م). إن عملية النقل لحمض اللاكتيك تتم بصفة أساسية بين الألياف العضلية السريعة حيث ينتج معظم حمض اللاكتيك، وداخل الألياف البطيئة حيث يكون عدد وحجم الميتوكندريا كبيراً، حيث تكون عملية الأكسدة أكبر لهذا الحمض (**مازو وآخرون** ١٩٨٦م MAZZEO, et al.)

أما الجزء المتبقى من حمض اللاكتيك، فإنه يتم نقلة إلى داخل مجرى الدم الذى يحمله إلى الأجزاء الأخرى من الجسم، وعلى الأخص الكبد

والعضلات الأخرى الغير عاملة، حيث يتم أكسدته وتحويله إلى مصدر للطاقة، أو إلى القلب، حيث يتم استخدامه كمصدر للطاقة. (**أهلبورج، هاجنفيلد، وارين** ١٩٧٥م AHLBORG, HAGENFELD & WAHREN)، (**بورتمانز، دليسكايل، فاندين بوشكو، لكلركيو** ١٩٧٨م PORTMAN'S, DELESCAILLE VANDEN BOSSCHO & LECLERCQ)، (**روسلر واخرون** ١٩٨٥م ROSLER, et al.) والكمية التى لم تنقل سوف تتبقى فى الألياف العضلية حيث تسبب نقص فى توازنها الحمضى القلوى (PH).

لاشك أن عملية التخلص من حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة تساهم فى تأخير معدل ومقدار النقص فى PH العضلات، مما يجعل الفرد الرياضى قادراً على المحافظة على معدل التمثيل اللاهوائى السريع للطاقة بالرغم من زيادة كمية حمض اللاكتيك المنتجة، وبالتالى يستطيع الفرد أن يحافظ على المعدلات العالية للانقباض العضلى، أى أداء ضربات أسرع لطرق السباحة المختلفة، وبالتالى يستطيع أداء سرعات سباحة سريعة لفترة زمنية أطول قبل تكوين الأحماض الشديدة التى تجعل العضلات تنقبض بشكل أبطأ.

خلاصة القول، أن ما بين ٦٠٪- ٧٠٪ من حمض اللاكتيك الذى يتم نقله يتم تمثيله إلى ثانى أكسيد الكربون وماء فى العضلات العاملة والألياف الأخرى بالجسم. والجزء المتبقى منه يذهب إلى الكبد والقلب، حيث يتم تحويله مرة أخرى إلى جليكوجين يتم تخزينه . ومعظم عملية التحويل والتخزين تم فى الكبد.

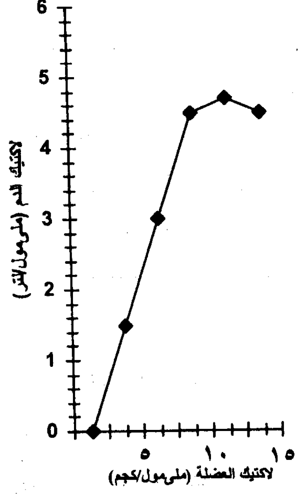
إن التدريب الرياضى يؤدى إلى زيادة معدل حمض اللاكتيك المنتقل من العضلات العاملة، مما يؤثر إيجابياً على مستوى الأداء، ويبدو ذلك بوضوح فى سباقات المسافات المتوسطة والمسافة لان مقدار حمض اللاكتيك الذى يتم نقلة (التخلص منه) يكون كبيراً. كما قد يكون ذلك واضحاً من السباقات الأقصر، حيث أن السباقات التى تستغرق أقل من دقيقتين تتطلب معدلات عالية

مـن الطاقـة لأدائـها، حيث يكـون معـدل التمثيـل اللاهوائـى هـو السـائد، ممـا يجعـل مقـدار أكـبر مــن حمــض اللاكتيــك يُنْتَــج فــى العضــلات. وتشــير نتائج الأبحاث إلى أن مستويات حمض اللاكتيك بعد سباحة سباقات الـ ٥٠م، ١٠٠م تصل إلى ٨-١٨ ملى مول / لتر (**ماجلشو، انبابلشيد** ١٩٨٤م **MAGLISCHO & UNPUBLISHED**)، وتشير الدلائل إلى أن مقدار حمض اللاكتيك الذى يتم نقلة من العضلات العاملة خلال الدقائق الأولى من التمرين الرياضى يكون كبيراً.

ويشـير العلمـاء إلى أن حمـض اللاكتيـك المُنْتَـج أثنـاء أداء سـباحة سريعة جداً يبقى معظمـة فى الأليـاف العضليـة العاملـة، وأن معـدلات إنتاجـه تكون سريعة جداً، وكذلك معدلات انتقاله. وقرر الخبراء أن المعـدل الأقصى لإنتاج اللاكتيك داخل الألياف العضلية يكون أكبر من معدل انتقاله منها بـ ٢-٣ ضعـف (**بانجسـبو وآخـرون** ١٩٩٠م)، (**جـول وآخـرون** ١٩٩٠م)، (**هولتمـان سجوهولم** ١٩٨٦م HALTMAN & SJOHOLM)، (**هولتمان، سالين** ١٩٨١م). لذا، فإن عملية انتقال حمض اللاكتيك من العضلات أثناء التمرين الرياضى يؤدى إلى تأخير بداية عملية الحمضية، ومثال لذلك، فقد بلغ محتوى العضلة من حمض اللاكتيك بعد ٣٠ ثانية فقط من الأداء بسرعات عالية على الدراجة الأرجومترية من ٢٨-٣٥ ملى مول / لتر. (**هولتمان، سجوهولم** ١٩٨٦م)، بينما يكون فى نفس الفترة الزمنية حمض اللاكتيك بالدم من ٨ -١٢ ملى مول/ لتر فقط. وفى نفس الوقت يكون تركيز حمض اللاكتيك بالعضلة ما بين ٤٥-٥٠ ملى مول/ لتر لدى الإنسان عند نقطة الإجهاد **Exhaustion** بعد أداء مجهود شـديد (**جـول** ١٩٩٧م)، كمـا بلغـت أقصـى مسـتويات لحمـض اللاكتيك بالدم ١٥-٢٠ ملى مول تحت نفس الظروف.

والشكل التالى يبين العلاقة بين تركيزات اللاكتات بين العضلة والدم بعد ٣ دقائق من المجهود الأقصى.





شكل (٩) تركيزات حمض اللاكتيك بالدم والعضلات بعد ٣ ق من التمرين حتى الإنهاك.

إن تأثير عملية انتقال حمض اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى على الأداء يتطلب الإجابة عن السؤالين التاليين.

١- ما هو أقصى معدل لانتقال اللاكتيك من العضلات؟

٢- ما هو مقدار (حجم) التدريب الذى يمكن أن يحقق زيادة عملية الانتقال لهذا الحمض.

١- المعدل الأقصى التخلص من اللاكتيك:

Maximum Rate of lactate Removal:

إختلف العلماء فى الرأى حول الإجابة عن السؤال عن المعدل الأقصى لانتقال حمض اللاكتيك، حيث أشارت نتائج العديد من الدراسات إن هذا المعدل الخارج من الألياف العضلية العاملة إلى مجرى الدم يبلغ من ٤-٩ ملى مول / دقيقة وذلك أثناء التمرين الرياضى (**جول وآخرون** ١٩٩٠م)، (**كاتز وآخرون** ١٩٨٦م .Katz, et al)، (**ليندنجر، مك كلفى، هيجنهوسر** ١٩٩٥م LINDINGER, MCKELVIE & HEIGENHAUSER)، (**جور فيلدت، جونلين دانفيلت، كارلسون** ١٩٧٨م FELDT, JUNLIN DANNFELL & KARLSSON). فى حين قرر سالتين ١٩٩٠م **Saltin** فى دراسته أن أعلى مقدار وصل إليه أفراد عينة الدراسة من حمض اللاكتيك المنتقل من العضلات قد بلغ ٢٠ ملى مول/ دقيقة. وفى دراسة أخرى أجراها **بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م بلغت هذه المقادير من ١٢-١٦ ملى مول / دقيقة.

وعموماً، فإن معدلات التخلص من حمض اللاكتيك التى تصل إلى ١٠ – ٢٠ ملى مول/ لتر يكون لها تأثير واضح فى تقليل تراكم حمض اللاكتيك بالعضلات العاملة أثناء التمرين. ويشير العلماء أن الوصول بمعدلات التخلص من حمض اللاكتيك إلى قمتها تكون بعد بداية التمرين بـ ١-٢ دقيقة تقريباً، ولذا، فإن عملية انتقال حمض اللاكتيك من العضلات تساعد فى تأخير ظهور الأحماض خلال أداء السرعات الطويلة، وسباقات المسافات المتوسطة والمسافة، وكذلك أثناء التدريب بالمجموعات التكرارية.

والسؤال هنا ..."ما هو التدريب الذى يمكن أن يحسن من معدل انتقال حمض اللاكتيك من العضلات العاملة إلى الدم بدرجة كبيرة، ويُحدث تحسناً دالاً فى المستويات الرقمية للسباحين فى السباقات المختلفة"، هناك القليل فقط من الدراسات التى اختبرت تأثير التدريب على انتقال اللاكتيك أثناء التمرين الرياضى، وأن هذه الدراسات طبقت على الحيوانات بدلاً من الإنسان، وقد قررت نتائج معظمها وجود تحسناً كبيراً من هذه العملية (**دونوفان، بروكس** ١٩٨٣م DONOVAN & BROOKS) (**دونوفان، باجليا سوتى** ١٩٩٠م DONOVAN & PAGLIASSOTTI)، (**فوكويا وآخرون** ١٩٩٩م FUKUBA, et al)، (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م. MAC RAE, et al)، (**ماك راى ، نواكس، دينيس** ١٩٩٥ MAC RAE, NOAKES & DENNIS)، (**أويونو – انجويل، فروند** ١٩٩٢م OYONO ENGUELLE & FREUND)

٢ـ تأثير التدريب على تحسن التخلص من حمض اللاكتيك .

حتى وقتنا الحاضر، فإن القليل فقط من الدراسات التى ارتبطت بالأداء على الإنسان، ففى إحدى هذه الدراسات أدى الأفراد المتدربون من لاعبى الدراجات التمرين لمدة ١٠ أيام فقط ولمدة ساعتين يوميا، وبمجهود ما بين الخفيف والمتوسط،وقد أشارت النتائج، على الرغم من انخفاض شدة التدريب إلى تحسن معدل انتقال حمض اللاكتيك فى حدود ٤٠٪، وفى دراسة أخرى، فقد تدرب أفراد عينة الدراسة من لاعبى الدراجات لمدة ٤٥ دقيقة على الأقل فى

اليوم ولمدة ٥ أيام أسبوعياً، عند شدة قرب مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية الفردية لكل فرد من أفراد العينة، وأشارت النتائج إلى تحسن معدل التخلص من حمض اللاكتيك فى حدود ٢٦٪ (**ماك راى وآخرون** ١٩٩٢م). وهذه النسبة تعادل النسبة المئوية من التحسن فى مستوى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بعد التدريب.

ويرى العلماء أن معدل انتقال اللاكتيك يرتبط بدرجة كبيرة بقدرة الفرد على التدريب، فقد أشارت دراسة مقارنة بين الأفراد الرياضيون وغير الرياضيون إلى وجود اختلاف فى معدل التخلص من حمض اللاكتيك من العضلات، بمعنى آخر، فإن الأفراد الرياضيون يملكون معدل التخلص من حمض للاكتيك أعلى كثيراً بالمقارنة بغير الرياضيون.

فاستخدام التدريب فى السباحة لتحسين معدلات التخلص من حمض اللاكتيك يتطلب مزيج **Mixture** من سباحة مسافات بشدات ما بين المنخفضة والمعتدلة والعالية. فتدريب التحمل ما بين البطيئ والمعتدل قد يؤدى إلى تحسين هذا المعدل فى الألياف العضلية البطيئة والألياف السريعة "أ" **FTa**، فى حين أن سرعة التدريب التى تعادل الـ ١٠٠٪ من الـ **Vo_2max** وكذلك السرعات الأعلى هى التى تحقق التحسن فى معدل انتقال حمض اللاكتيك فى الألياف العضلية "ب" **FT_b**.

ووفقاً لذلك، فإنه يمكننا القول أن التدريب يحسن من معدل التخلص من حمض اللاكتيك فى الأنواع المختلفة من الألياف العضلية، وهذا يعادل التدريب الذى يحسن من معدل استهلاك الأكسجين فى نفس الألياف العضلية، وفى دراسة أجراها **تريفين وزملائه** ١٩٨٠م & **TREFFENE COWORKERS** باستخدام التدريب عند سرعات أعلى من مستوى العتبة الفارقة اللاهوائية. وأشارت نتائجها إلى أن المعدل الأقصى من التخلص من حمض اللاكتيك من العضلات إلى الدم وعند السرعات الأسرع من سرعة العتبة الفارقة بلغت نسبته من ٦-١٤٪.



واشارت دراسة **بانجسبو وزملائه** ١٩٩٠م إلى أن المعدلات الأعلى من انتقال اللاكتيك حدثت عندما كان تركيز اللاكتيك ما بين ٦-١٢ ملى مول/ لتر. بمتوسط قدرة ٨ ملى مول /لتر.

وتشير الأبحاث أيضاً أن سباحة تكرارات تحمل عند شدة مرتفعة يحقق تحسناً أكبر فى معدل انتقال اللاكتيك، كما أن الدلائل توضح أن انتقال اللاكتيك يجعله أقل تأثيراً على نقص PH العضلة (**روث، بروكس** ١٩٩٠م ROTH & BROOKS). ووفقاً لذلك، فإنه يجب على السباحين أن يحاولوا تأخير عملية الحمضية أثناء الأداء للمجموعات التكرارية إما بتقليل أزمتهم أو أن تكون التكرارات بمجموعات أقصر بحيث تنتهى هذه المجموعات التكرارية قبل أن تحدث عملية الحمضية،كما يجب أن تختصر الراحة البينية بين المجموعات حتى نحافظ على الـ PH قرب المستوى الطبيعى قبل أن نبدأ المجموعة التالية.

ثالثاً: تحسين قدرة المنظمات الكيميائية:

Improving Buffering Capacity.

إن مستويات حمض اللاكتيك بالعضلة يمكن أن تزيد لتصل ٤-٥ أضعاف مستويات الراحة، وذلك قبل أن يحدث انخفاض PH العضلة. وهذا يحدث نتيجة أن المنظمات التى تتحد مع أيونات الهيدروجين يضعف تأثيرها على PH العضلة. والمواد التى يمكن أن تخزن كمنظمات تشمل البيكربونات Bicarbonates والتى تعرف جملة بالمخزون القلوى أو الأحتياطى القلوى Alkaline Reserve، وكذلك بروتينات العضلة والفوسفوكرياتين.

وهناك حالتان Statements يُظْهِرَ اهمية المنظمات الكيميائية للتمرين الرياضى هما.

١- أن المنظمات الكيميائية يكون لها دور فعال مع حمض اللاكتيك فى تأخير معدل الحمضية الوشيك الحدوث عند بداية التمرين مباشرة.

٢- إن تراكم حمض اللاكتيك فى العضلات بعد سباق الـ ١٠٠م يُحَدث انخفاض فى الـ PH ليصل إلى ٦.٥، على الرغم من أن المقادير النموذجية

تنحصر ما بين ٦.٦ - ٦.٨ إذا لم تظهر المنظمات (**باركهاوس وآخرون ١٩٨٣م** PARKHOUSE, et al.) وتتواجد المنظمات فى كل من الدم وخلايا العضلة فى ثلاث أشكال رئيسة هى.

- بيكربونات **Bicarbonates**
- فوسفات **Phosphates**
- بروتينات **Proteins**

فبيكربونات الصوديوم **Sodium Bicarbonates** ، وبروتين الهيموجلوبين **Hemoglobin Protein** غالباً ما توجد فى الدم. وتحتوى العضلات على بيكربونات البوتاسيوم والماغنسيوم بكميات كبيرة. والفوسفات يوجد داخل الألياف العضلية فى شكل فوسفات الصوديوم. وتُعّد البروتينات المختلفة المتواجدة داخل الألياف العضلية هى المصدر الوافر للمنظمات إلى حّد بعيد.

وكما ذكرنا من قبل، فإن بيكرونات الصوديوم والهيموجلوبين هما المنظمان الرئيسيان للدم. وتظهر أهمية منظمات الدم فى أنها تؤخر الانخفاض فى PH الدم أثناء التمرين الرياضى، مما يعطى الفرصة لمزيد من حمض اللاكتيك للانتقال من الألياف العضلية العاملة حيث الـ PH الأقل، وإلى الدم حيث الـ PH الأعلى.

وقد يؤدى الفوسفوكرياتين أيضاً وظيفة المنظم، حيث يساعد أيضاً فى تحقيق التوازن الحمضى القلوى داخل العضلة (**هنريكسون ١٩٩٢م** HENRIKSSON)، وتشير هذه الحقيقة إلى احتمالية أن حمل الكرياتين **Creatine Loading** قد حسن من قدرة المنظمات داخل الألياف العضلية للإنسان.

وغالباً ما يكون رد فعل منظومة المنظمات مباشراً عندما يبدأ التمرين الرياضى، مما يمنع انخفاض PH العضلة، ووفقاً لذلك، فإن هذه العملية تعتبر

هامة وضرورية للنجاح فى سباقات الـ ١٠٠م، ٢٠٠م. وقد تلعب أيضاً دوراً محدوداً فى محافظة السباح على سرعته القصوى خلال الـ ١٠- ١٢م الأخيرة فى سباقات الـ ٥٠م، حيث أن هذا النوع من السباقات يتطلب أن تكون السرعة سريعة جداً لفترة قصيرة جداً، فما يجعل معظم الطاقة المنفقة خلالها ناتجة من عملية التمثيل اللاهوائى، وعلى الأخص فى سباقات الـ ٥٠م،١٠٠م. ومع ذلك، فمن المحتمل أن تلعب المنظمات الكيميائية الدور الرئيسى فى تأخير زيادة تركيز اللاكتيك المنتقل من العضلات.

واعتقد العلماء، لفترة طويلة، أن التدريب الرياضى لا يحسن من قدرة المنظمات. ولكن الدراسة التى أجرها **شارب وزملائه** عام ١٩٨٦م SHARP and Associates وهى الدراسة الأولى، أثبتت أن ذلك ممكن، حيث أشارت الدراسة إلى حدوث تحسن فى قدرة المنظمات مع التدريب بلغت ٣٧٪ بمدى من (١٢٪ - ٥٠٪) لدى عينة الدراسة الذين تدربوا تدريباً لا هوائياً . وهذا التحسن يتوافق مع مقدار الزيادة الذى بلغ ٢٢٪ فى أدائهم لاختبار التبديل السريع حتى الإنهاك على الدراجة الأرجومترية بعد الخضوع لبرنامج تدريبى لمدة ٨ أسابيع و لـ ٤ أيام أسبوعياً، وكل جرعة تدريبيه تشمل على أداء (٨× ٣٠ث) على الدرجة الأرجومترية. كما أظهرت الدراسة ارتباط التحسن فى المنظمات بعد التمرين بمستوى حمض اللاكتيك فى العضلات العاملة والذى

شكل (١٠) يبين تأثير تدريب السرعة على قدرة المنظمات فى الألياف العضلية الهيكلية لدى الإنسان



زاد بمعدل ١٩٪ مما أدى إلى انخفاض PH العضلات لأقل من ٦,٧٠، والشكل الموضح رقم (١٠) يوضح التغيرات فى تراكم حمض اللاكتيك فى عضلات أفراد العينة وتأثير ذلك على PH العضلات فى حالتى قبل التدريب وبعده.

وعلى الرغم من أن معظم الدراسات أشارت إلى عدم وجود تغير بعد التدريب. إلا أن الأشكال التقليدية من تدريب التحمل والتى استخدامها شارب وأخرون ١٩٨٣م فى دراستهم أشارت إلى حدوث تحسن فى قدرة المنظمات مع هذه الأشكال من التدريب. ولكن لم يشر هذا البحث إن كان تدريب السرعة يمكن أيضاً أن يحدث زيادة فى قدرة منظمات الدم.

وقد حاول بعض الرياضيون زيادة قدرة المنظمات بدمائهم عن طريق تناول البيكربونات قبل سباقات السرعة الطويلة، وعرف هذا الإجراء بشحنة الصودا أو حمل الصودا Soda Loading وقررت نتائج هذه الدراسات وجود تحسناً فى الأداء (**جول** ١٩٩٧م JUEL، **ويليامز** ١٩٩٨م WILLIAMS).

أن التدريب الذى يؤدى إلى نقص مستوى PH العضلة قد يؤدى إلى زيادة قدرة المنظمات فى العضلات لان الأحماض قد تكون هى المثير الذى يُحّدث ذلك. ومن خلال هذا المفهوم، قام **مك كنيزى** وزملائه ١٩٨٣م MC-KENZIE بدراسة على عداءى الـ ٨٠٠م أظهرت زيادة كبيرة فى قدرة المنظمات لديهم بالمقارنة بعداءى الماراثون ومجموعة الأفراد الغير مدربين. ومن جهة أخرى، فإن قدرة المنظمات لعداءى الماراثون لم تختلف عن تلك التى حققها الأفراد الغير مدربين. وعلى عكس Contrary هذه النتائج، فإن شارب مع فريق من الباحثون (١٩٨٦م) قرروا أن قدرة لاعبى الدراجات للمسافات الطويلة (التحمل) تراكم فى عضلاتهم مستويات عالية من حمض اللاكتيك، ولكن كان هذا التراكم أقل فعلياً بالمقارنة بالأفراد الغير مدربين. والشكل السابق يبين متوسط تركيز حمض اللاكتيك بالعضلة لدى لاعبى الدراجات (التحمل)، المدربون بعد أداء التبديل السريع على الدراجة الأرجومترية حتى الإنهاك.



وتوحى مثل هذه النتائج إلى أن تدريب التحمل سوف لا يحسن من قدرة المنظمات بل قد يقللها، فى حين أن تدريب السرعة يمكن أن يُزّيد من قدرتها إلى حّد بعيد. لذلك، فالاهتمام يجب أن يكون لتدريب السرعة، لأن إنتاج أحماض شديدة كثيراً كل أسبوع قد يهدم Destroy منظمات البروتين بدلاً من زيادتها.

رابعاً: تنمية تحمل الألم. Improving Pain Tolerance.

بجانب تأثير حمض اللاكتيك على تقليل معدل استعادة تكوين الـ ATP، فإن الأحماض الشديدة Severe acidosis تسبب أيضاً ظهور الألم فى العضلات العاملة. ويؤثر هذا الألم على أداء الرياضيون بوسائل عدة اعتماداً على تحملهم لهذا الألم. فنجد إن بعض الرياضيون يقللون من أدائهم عندما يشعرون بالألم الناتج عن ظهور الأحماض نتيجة ضعف تحملهم لهذا الألم. ولكن معظم الرياضيون – وهذا هو المفروض ممن لديهم دافعيه إنجاز عالية – لديهم طموح عال وإرادة كافية للكفاح فى الأداء على الرغم من وجود هذا الألم.

فالألم الناتج عن الأحماض يؤثر بشكل مباشر على سباقات السباحين وخاصة سباقات المسافات المتوسطة، حيث يركز بعض السباحين على أنهم لن يستطيعوا إنهاء السباق بقوة كافية نتيجة الألم الناتج عن هذه الأحماض، مما يؤدى إلى هبوط أدائهم استجابة لهذا الألم. وقد يخطئ السباحين فى تقدير تأثير هذه الأحماض وبالتالى يكون الهبوط فى الأداء مبالغ فيه.

ونحن لا نعرف لماذا بعض الرياضيون يتحملون الألم الناتج من الأحماض بدرجة أفضل من البعض الأخر (ماجلشو ٢٠٠٣م)، ومما لاشك فيه، أن الألم يرتبط برغبة هؤلاء الرياضيون فى النجاح والإنجاز، وبالتالى، فإنه يرتبط بالدافعية والإذعان للتدريب Amenable to Training، ومن ناحية أخرى، فإن بعض الدلائل تشير إلى أن تحمل الألم هو ظاهرة تدريبية (ظاهرة قابلة للتدريب) Trainable Phenomenon، ويشير هايز، دافيز، لامب ١٩٨٤

HAYS, DAVIS, & LAMB أن الرياضيون قادرون على تنمية تحمل الألم الناتج عن الأحماض. حيث أجروا دراسة على الفئران أكدوا من خلالها على قدرتها على تحمل الألم، حيث تدربوا على سباحة شديدة أحدثت ألماً، ثم بعد ذلك، ظلوا على لوحة ذات حرارة بلغت ٥٥ ° لأطول فترة قبل القفز من عليها. أما لدى الإنسان، فإن الأفراد الذين أجريت عليهم الدراسة زادت حدودهم على تحمل الألم الناتج عند الأحماض. وقد يكون ذلك نتيجة أنهم دربوا أنفسهم على تجاهل Ignore الألم أو على الأقل تحمل هذا الألم بشكل افضل. وقد يكون ذلك أيضاً نتيجة المواظبة Persevere على التدريب عند السرعات التى كانوا من قبل يهبط عندها الأداء.

التكيفات التى تحسن القدرة على التدريب.

Adaptations that improve the Ability to Train.

لاشك أن تأثيرات التدريب التى تحسن من قدرة الفرد على التدريب لها أهمية كبيرة، لأنها تجعل الفرد الرياضى يتدرب عند شدة أعلى للعديد من الأيام على مدا الموسم التدريبى. وهذه القدرة فى المقابل، تُحدث استثارة أكبر لإنتاج تكيفات التدريب والتى تلعب دوراً فى تحسن قدرة الفرد على تأخير ظهور الأحماض أثناء السباقات. وهناك تأثيرين رئيسيين للتدريب يُحَسّنا من قدرة الفرد الرياضى على التدريب، هما الزيادة فى مخزون العضلة من الجليكوجين، وزيادة معدل تمثيل الدهون، وسوف نتناولهما بالتفصيل فيما يلى:

١- زيادة مخزون العضلة من الجليكوجين:

Increased Muscle Glycogen Storage

يعتبر جليكوجين العضلة هو المصدر الرئيس للوقود فى جميع سباقات السباحة الأطوال من الـ ٢٥م. ومع الراحة القصيرة، والتغذية الجيدة، فإنه عادة ما يخزن الجليكوجين الكافى فى عضلات الرياضيون حتى يمكنها المد بالطاقة التى تحتاجها العضلات فى أى سباق حتى الـ ١٥٠٠م حرة. ولكن

التدريب شيء مختلف، حيث أن ساعة من التدريب يمكن أن تقلل من مستويات جليكوجين العضلة إلى حدٍّ بعيد.

وتحتوى عضلات رياضى التحمل المدربين جيداً على ١٢٠ – ١٦٠ جرام من الجليكوجين المخزون لكل كيلو جرام من النسيج العضلى الرخو Wet Muscle Tissue وتشير التقديرات إلى أن الجليكوجين الكافى هو الذى يسمح للفرد الرياضى على السباحة عند سرعة ذات شدة لمدة ١.٥ ساعة تقريباً. ومع ذلك، فأثناء التدريب، فإن الدهون ومقدار قليل من البروتين يتم تمثيلهما للحصول على الطاقة، مما يؤدى إلى عدم نضوب الجليكوجين خلال هذه الفترة الزمنية. ويشير العلماء إلى أن الفرد الرياضى يمكن أن يفقد أكثر من ثلث جليكوجين العضلات العاملة خلال فترة تدريبية كاملة مدتها ساعتين.

والشكل التالى يوضح نتائج دراسة عن محتوى العضلات الدالية Deltoid Muscles من الجليكوجين لدى السباحين والتى قيست قبل وبعد أداء مجموعة تكرارية من ٤٠ × ١٠٠م مع ١٥ ثانية راحة فترية بين التكرارات على أن تؤدى هذه التكرارات بسرعة عالية. ويبين الشكل أيضاً أن الجليكوجين بالعضلات قَلَّ من المدى العالى من ١٦٠ ملى مول / كيلو جرام من النسيج العضلى الرخو قبل بدء أداء المجموعة التكرارية إلى أقل من ٨٠ ملى مول / كيلو جرام بعد نهاية المجموعة. كما قيست أيضاً مستويات الجليكوجين بعد ٢٤ ساعة من فترة التدريب.

شكل (١١) يبين نضوب الجليكوجين من العضلات الدالية للسباحين أثناء سباحة مجموعة تكرارية عالية الشدة (تحمل).

وكما هو موضح بالشكل، فإن السباحين قد استعادوا حوالى نصف جليكوجين العضلة المفقود بعد فترة راحة لمدة يوم واحد فقط.

إن انتظام السباحون فى التدريب يوماً بعد يوم من المحتمل أن يؤدى إلى إنخفاض مستويات جليكوجين العضلات العاملة. وبالتالى سيكون نضوب الجيلكوجين من هذه العضلات أكبر، وبالطبع، فإذا كان التدريب مستمراً لفترة أطول، مثل مرتين فى اليوم، فإن السباحين يحتاجون للراحة فى حدود ١٣ ساعة بين فترات التدريب. لذا فمن المحتمل أن يكون انخفاض مستوى جليكوجين العضلة لديهم أكبر بالمقارنة بالسباحين الذين يتدربون مرة واحدة يومياً.

ويمكنا أن نؤكد أن تدريب التحمل يزيد من مقدار الجليكوجين الذى يمكن تخزينه فى العضلات المشاركة فى السباحة، وقد أشارت الدراسات فى هذا الصدد أن مقدار الزيادة بلغ ٤٠٪ - ٦٠٪ (**مك أردل، كاتش، كاتش ١٩٩٦م**) وفى الواقع، فإن هذه الزيادة قد تكون أكثر، حيث أن الرياضيون الذين يتدربون ساعتين أو أكثر يوماً، من المحتمل أن ينضب جليكوجين العضلة لديهم بصورة أسرع مما يستطيعون استعادته يوماً بعد يوم. ومع ذلك، فإن المقدار الحقيقى من الجليكوجين المخزون فى العضلات قد يكون أقل من المستوى الأقصى الذى يمكن للعضلات الاحتفاظ به، ووفقاً لذلك، فإنه من المحتمل أن يحقق **Realize** السباحون الزيادة الكاملة المحتملة فى جليكوجين العضلة عندما يحصلون على الراحة لبعض الأيام أو يؤدون السباحة السهلة (الطويلة) لعدة أيام وفى هذه الحالة، فإنهم سوف يستفيدون من تأثير التعويض الزائد **Super Compensation** لمقدار الجليكوجين المخزون فى عضلاتهم بما يتخطى المقادير الطبيعية للعضلات الغير مدربة والتى أشرنا إليها وهى ما بين ٤٠٪ - ٦٠٪. ومع ذلك، فإنه حتى مع الراحة، فإن الرياضيون سوف لا يحققون أى زيادة فى مخزون جليكوجين العضلة إلا إذا تناولوا أغذية عالية الكربوهيدرات (٦٠٪ على الأقل من السعرات الحرارية التى يستهلكها السباح يومياً).

كما يلعب التدريب دوراً فاعلاً فى جعل الرياضيون يقللون من استخدام معدلات كبيرة من الجليكوجين. حيث يشير **هنريسكون** ١٩٩٧م HENRIKSSON، **مك اردل، كاتش، كاتش** (١٩٩٦م) إلى أنه بعد أداء تدريب التحمل لعدة أسابيع أصبح الرياضيون يستخدمون مقادير أكبر من جلوكوز الدم والدهون لاستعادة دورة الـ ATP. فهذا التكيف الذى حدث يقلل من جليكوجين العضلة المستهلك أثناء أداء التدريب، وبالتالى سيتوفر المزيد من الجليكوجين فى العضلة لاستخدمه فى الفترات التدريبية اللاحقة، ويؤدى ذلك إلى زيادة قدرة الأفراد الرياضيون على التدريب بمزيد من الشدة يوم بعد آخر.

وليس هناك طرق خاصة من التدريب يمكنا أن نقول أنها تحقق الزيادة فى مقادير الجليكوجين الذى يمكن تخزينه فى العضلات. ولكن يمكن أن نشير إلى أن البرنامج التدريبى المختلط والذى يشمل على أحمال التدريب المختلفة من تحمل وسرعة هو الذى يساعد على استخدام المزيد من جليكوجين العضلة يومياً، ويعطى استثارة كافية لزيادة الكمية المخزونة منه، وهذا لا شك لا يحدث سوى فى العضلات التى خضعت للتدريب.ونضيف أن هناك انشطة أخرى غير السباحة قد تكون غير فعاله إذا أهَملَتَ Neglect استخدام العضلات الضرورية التى يستخدمها السباحون فى الأداء. لذا، قد لا تتحسن قدرة هذه العضلات على تخزين الجليكوجين نتيجة عدم استخدامها فى تدريب السباحة.

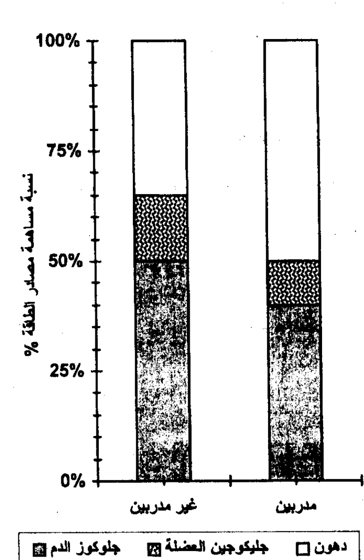
٢ـ زيادة تمثيل الدهون: Increased fat Metabolism.

من المعروف لدينا أن الطاقة المحررة من تمثيل الدهون تكون بطيئة جداً لتحقيق متطلبات الفرد الرياضى من مركب الـ ATP أثناء سباقات السباحة الطويلة (التحمل)، على الرغم من أن تمثيل الدهون يعطى مقادير كبيرة من الطاقة لإعادة تكوين الـ ATP أثناء التدريب الذى يستمر لساعات طويلة، ونتيجة ذلك، يقل استخدام جليكوجين العضلة. ووفقاً لذلك، فإن

تمثيل الدهون يوفر Spares جليكوجين العضلة لاستخدامه أثناء أداء المجموعات التكرارية ذات الشدة، مما يُمَكّن السباحون على أدائها بالسرعة العالية المطلوبة. وهذا بالإضافة إلى ان الزيادة فى تمثيل الدهون يقلل من الجليكوجين المستهلك أثناء أداء المجهود، مما يوفر المزيد منه لاستخدامه فى الفترات التدريبية اللاحقة والتى تشمل على تدريبات بشدة عالية.

ومن فوائد تدريب التحمل أنه يزيد من الطاقة المتوفرة من الدهون عند أداء أى سرعة سباحة أقل من الأقصى (**جوكندروب، ساريز، واجنماكرز** ١٩٩٨م JEUKENDRUP, SARIS & WAGENMAKERS). فتدريب التحمل يُحدّث ذلك عن طريق زيادة مقدار الدهون المخزونة فى العضلات، وكذلك عن طريق زيادة ميتوكوندريا العضلة لدرجة أن مزيد من الأحماض الدهنية يمكن أكسدتها (**هولوسوزى وآخرون** ١٩٨٦م). فقبل التدريب، فإن النسبة المئوية من الطاقة الإجمالية المحررة من الدهون أثناء فترة التدريب لمدة ساعتين بلغت ما بين ٣٥٪ - ٤٠٪، فالتدريب يمكن أن يزيد هذه النسبة إلى ٥٠٪ أو ٦٠٪ (**هولوسوزى وآخرون** ١٩٨٦م).

فالتدريب يزيد من الدهون المستخدمة لدى الذكور بدرجة تفوق تلك التى تحدث لدى الإناث (**نكلز** ١٩٩٧م NICKLAS). وعموماً، فإن الإناث لديهم نسبة مئوية اكبر من وزن الجسم دهون بالمقارنة بالذكور، وعلى ذلك، فإن الإناث سيكون لديهن نتيجة ذلك المزيد من الدهون للحصول على الطاقة بالمقارنة بالذكور، ولكن قدرتهم على



شكل (١٢) يبين التغيرات في نسبة تمثيل الدهن وجلوكوز الدم وجليكوجين العضلة أثناء مجهود تحمل معتدل بعد التدريب.

تحسين هذه الوظيفة خلال التدريب أقل. والشكل رقم (١٢) يوضح التغيرات فى النسبة المئوية للطاقة الناتجة من الدهون وجلوكوز الدم وجليكوجين العضلة أثناء فترات من التدريب معتدل الشدة. فنجد أن مساهمة الدهون تزيد إلى حد بعيد، وفى المقابل تقل كمية جليكوجين العضلة وجلوكوز الدم التى تم تمثيلها للحصول على الطاقة.

إن أفضل تدريب يؤدى إلى تنمية عملية تمثيل الدهون هو سباحة مسافات طويلة بطيئة، فهذا النوع من التدريب يعطى أفضل تنبية لزيادة معدل الدهون المستهلكة، لأن الدهون هى المصدر الرئيسى للطاقة عند سرعات السباحة ما بين البطيئة والمعتدلة.

ففى دراسة أجرها **إيسل وآخرون** ١٩٩٧م **EISELE, et al.** أشارت نتائجها إلى أن المعدل الأكبر لتمثيل الدهون حدث عند المجهود الأقل من ٥٠٪ من حدة الأقصى وعند معدلات نبض القلب ما بين ١٣٠-١٥٠ن/ق، ولمزيد من التحديد عند مستوى ٧٠٪ من المعدل الأقصى لنبض القلب لكل فرد رياضى على حدة.

كما أن التكيف الأساسى الناتج عن زيادة معدل الطاقة المحررة من تمثيل الدهون هو زيادة نشاط الأنزيمات الخاصة بتمثيل الدهون. وهذا التكيف يكون بالألياف العضلية المستخدمة فى التدريب. وعلى الرغم من ذلك، فإن السباحة داخل الماء هى أفضل طريقة لتحقيق ذلك.

تأثيرات التدريب التى تحسن الأداء:

Training Effects that can improve Performance

فيما يلى يمكننا أن نقدم ملخصاً لتأثيرات التدريب التى تساهم فى تحسين الأداء فى السباقات وكذلك فى التدريب.

١) التأثيرات التكنيكية Technique Effects.

تحسن فى ميكانيكية أداء طرق السباحة يقلل من الطاقة المطلوبة للسباحة عند أى سرعة أقل من السرعة القصوى.

٢) تأثيرات التمثيل اللاهوائي Anaerobic metabolism Effects.

تتمثل هذه التأثيرات فى زيادة معدلات إعادة تكوين الـ ATP والتى تسمى بالجلكزة اللاهوائية، حيث تزيد القدرة على أداء أقصى سرعة بعد الـ ٥ ثوان الأولى من السباق. وهذا التأثير ناتج عن زيادة نشاط الأنزيمات اللاهوائية، مثل انزيمات النوسفوريليز، والفوسفوفر كتوكينيز ، والبروفيك كينيز (Phosphorylase, Phosphofructokinse, Pyruvatekinase) واخيرا انزيم لاكتيك دى هيدروكينيز (lactate dehydrogenase).

٣) تأثيرات القدرة Power Effects.

إن زيادة قدرة أداء طرق السباحة المختلفة عند أقصى سرعة يمكن أن تتحقق من خلال العوامل الآتية:

١- زيادة القوة العضلية وسرعة انقباض العضلات.

٢- زيادة مخزون العضلة من الـ CP.

٣- التحسن فى الوحدات العضلية المجندة يؤدى بالضرورة إلى أن يكون الانقباض العضلى للألياف صحيحا ويكون فى التوقيت المناسب.

٤) تأثيرات التمثيل الهوائى Aerobic Metabolism Effects.

تتمثل هذه التأثيرات فى نقص معدل وشدة الأحماض المتكونة أثناء السباقات. وينتج ذلك نتيجة عاملين هما.

- نقص معدل أنتاج حمض اللاكتيك فى العضلات.
- زيادة معدل انتقال حمض اللاكتيك من هذه العضلات.

أ)) هناك العديد من تكيفات التدريب تحدث نقصا فى معدل إنتاج حمض اللاكتيك وهى:

١- زيادة انتشار الأكسجين من الرئتين والناتج عن تحسين حجم الهواء الذى يتم تبادله كل دقيقة، والزيادة فى الشعيرات الدموية الموجودة حول الحجيرات الهوائية.

٢- الزيادة فى حجم الدم بما يسمح للدم بأن يأخذ دورته خلال الجسم بشكل أسرع.

٣- الزيادة فى خلايا الدم الحمراء بدرجة تجعل الدم يحمل المزيد من الأكسجين.

٤- الزيادة فى الشعيرات الدموية المحيطة بالعضلات مما يزيد من انتشار الأكسجين.

٥- تغير فى تحول الدم Blood shunting لدرجة أن المزيد من الدم وما يحمله من أكسجين يصل إلى العضلات العاملة خلال كل دقيقة من التمرين.

٦- الزيادة فى الدفع القلبى لدرجة أن الدم يسرع من دورته من الرئتين إلى العضلات.

٧- الزيادة فى الميوجلوبين لدرجة أن المزيد من الأكسجين يمكن انتقاله إلى ميتوكوندريا العضلات كل دقيقة.

٨- الزيادة فى معدل الجلوكوز- الألنين المدفوع لدرجة أن حمض اللاكتيك يمكن نقله قبل إتحاده مع أيونات الهيدروجين لتكوين حمض اللاكتيك.

٩- الزيادة فى نشاط الأنزيمات الهوائية للدرجة التى تؤدى إلى أن التمثيل الهوائى يستمر بمعدل أسرع.

١٠- الزيادة فى حجم وعدد الميتوكوندريا فى العضلات لدرجة أن محيط التمثيل الهوائى يصبح أوسع وأكثر عددا.

ب)) هناك العديد من التكيفات تزيد من معدل انتقال حمض اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة نذكر منها ما يلى:

١- زيادة حجم الدم وتحسن عملية الدفع القلبى من الألياف العضلية العاملة فى زمن أقل، بالتالى انتقال المزيد من اللاكتيك من الألياف العضلية العاملة إلى مجرى الدم.

٢- زيادة نشاط حمض اللاكتيك المنقول من الألياف العضلية العاملة.

٣- الزيادة فى الشعيرات الدموية الموجودة حول الألياف العضلية العاملة لدرجة أن مزيد من حمض اللاكتيك يتم تبادله داخل وخارج الدم فى كل دقيقة من التمرين.

٤- التحسن فى الدم المدفوع لدرجة أن المزيد من اللاكتيك ينتقل من الألياف العضلية العاملة فى كل دقيقة من التمرين.

٥) تأثيرات التدريب التى تحسن القدرة على التدريب:

Training Effects That Improve the Ability to Train.

١- الزيادة فى مقدار الجليكوجين المخزون فى الألياف العضلية العاملة لدرجة أن الأفراد الرياضيين يمكنهم التدريب عند شدة أكبر.

٢- الزيادة فى معدل تمثيل الدهون لدرجة أن العضلات تستخدم المزيد منه للحصول على الطاقة والتقليل من استخدام الجليكوجين.

الفصل الثالث

الاستجابات الفسيولوجية للتمرين الرياضى

Physiological Responses to Exercise

الفصل الثالث

الاستجابات الفسيولوجية للتمرين الرياضى

Physiological Responses to Exercise

يتحقق الأداء الرياضى وفق عمل الجهاز العضلى اعتماداً على رد فعل الجهاز العصبى ووفقاً لاستجابة الجهاز الدورى التنفسى، ويحتوى الجسم البشرى على ثلاث أنواع من العضلات هى:

١- العضلات الناعمة Smooth Muscles والتى تشكل الأعضاء المختلفة بالجسم.

٢- العضلات القلبية Cardiac Muscles والتى تكون القلب.

٣- العضلات الهيكلية Skeletal Muscles وهى التى ترتبط بالعظام المختلفة وحركتها.

كما أن انقباض العضلات الهيكلية هو الذى يجعل الرياضيون قادرون على تحريك أطرافهم أثناء الأداء الرياضى، لذا فإن الاهتمام بوظيفتها وتنميتها هام وضرورى لكل من المدربون والرياضيون.

تركيب ووظيفة العضلات Structure and Function of Muscles:

تنقبض العضلات عندما تأتيها الأوامر (الرسائل) من الجهاز العصبى المركزى، وتأتى هذه الرسائل فى شكل نبضات كهربائية Electrical Impulses تُرسَل خلال الألياف العصبية بسرعة تعادل سرعة الضوء Lightning Speed حتى تصل إلى نقاطها المرتبطة بها فى الألياف العضلية، حيث تجعل العضلات تنقبض، والعضلات عبارة عن مجموعات من الألياف العضلية التى ترتبط بالعظم، وعادة ما تمتد إلى المفاصل، وعندما تنقبض أو تقصر هذه العضلات، فإنها تشد النهاية المرتبطة بالعظم الخاص بها فى اتجاه النهاية الأخرى للعضو، والذى يرتبط بعظمة أخرى، ونحن عادة ما نتحدث عن العضلات كانقباض فى مجملها، ولكن فى الحقيقة أن الذى ينقبض بعض الألياف



داخل كل عضلة، فعندما تكون الأحَمَال شديدة، فإن عدد كبير من الألياف تنقبض لمواجه هذه المقادير الكبيرة من المقاومة، وعندما يكون الحمل خفيفاً، فإن جزء قليل فقط من الألياف هو الذى ينقبض للتغلب على هذا الحمل، أى أن عدد الألياف التى تنقبض يتوقف على شدة الحمل الواقع على العضلة.

وتتكون العضلات من الآلاف من الألياف القيقة Tine Fibers، كل منها يكون خلية عضلية واحدة، وتترتب الألياف العضلية داخل العضلة فى شكل وحدات حركية، والعصب الحركى الواحد يخدم كل وحدة حركية من خلال الفروع التى تصل للألياف العضلية خلال الوحدة الحركية، كما أن الوحدات الحركية التى تنقبض فى وحدة زمن واحدة هى التى تحدد القوة الانقباضية داخل العضلة، فالقليل من الوحدات (القليل من المئات من الألياف) سوف ينقبض عندما يكون المطلوب من القوة منخفض، وهذا يحدث عند أداء المجهود الرياضى الخفيف، فى حين أن أعداد كبيرة من الوحدات الحركية سوف تنقبض عندما يكون المطلوب من القوة كبيراً، وهذا ما يحدث عند أداء المجهود الشديد، وتسمى تلك الألياف العضلية التى تنقبض خلال الوحدة الحركية بالوحدة الحركية المجندة (المحتشدة) motor-unit recruitment أو الوحدة الحركية العاملة.

وهناك طريقة واحدة للمحافظة على الأداء لفترة زمنية طويلة وهى تناوب المجهود بين المجموعات من الوحدات الحركية لدرجة أن بعضها ينقبض والبعض الآخر يكون فى راحة (لا ينقبض)، فعدد محدد من الوحدات الحركية داخل العضلة تؤدى العمل المطلوب حتى تصل للتعب، وعندما يحدث ذلك، فإن وحدات حركية أخرى داخل العضلة نفسها والتى كانت فى حالة راحة سوف تجند لتحل محل الوحدات المُجْهَدة التى تعبت، وبذلك يمكن المحافظة على مقدار القوة الناتجة.

ويتفق معظم العلماء على إننا لا نستخدم كل الوحدات الحركية فى العضلة الواحدة معاً فى توقيت واحد، حتى أثناء المجهود الأقصى (ويلمور،

كوستيل WILMOR & COSTILL (١٩٩٩م)، وإن الألياف العضلية التى لا تستخدم قد تضمر Atrophy، فالعمل العضلى الخفيف حتى المتوسط يجب أن يستمر لفترة زمنية كافية حتى يمكن للألياف داخل العضلة المنقبضة أن تتناوب فى العمل المشاركة فيه، ووفقاً لذلك، فإن هذا النوع من العمل سوف يؤدى إلى تحسن تحمل الألياف العضلية، أما فى حالة العمل العضلى قرب المجهود الأقصى، فإن العضلة سوف تستخدم كل أو معظم أليافها لمواجهة المقاومة الواقعة عليها (حمل العمل)، مثل هذا النوع من العمل يمكن أن يستمر لفترة زمنية قصيرة فقط. لذا، فإن التأثير الرئيسى لمثل هذا النوع من التدريب يحسن من القوة والقدرة العضلية والقدرة اللاهوائية للفرد الرياضى.

ومن أهم العوامل التى تؤثر على قدرتنا على المحافظة على سرعة الأداء الرياضى الشخصية (الفردية) الخاصة بكل منا، هو عدد الوحدات الحركية التى يجب أن تنقبض فى أى وحدة زمنية بحيث تستطيع العضلة المحافظة على سرعة انقباضها، فإذا كان عدد الوحدات الحركية المشاركة فى المجهود المبذول كبيراً، فإن المتبقى من الألياف - وهو قليل - سوف يشارك فى أداء العمل المطلوب فى الجزء الأخير من الحركة، مما يؤدى إلى حدوث التعب مبكراً، أما إذا كان المشارك فى العمل أعداد قليلة من الوحدات الحركية، فإن أعداد أكبر منها سوف تكون قابلة للقيام بالعمل فى الجزء الأخير من الحركة، وبالتالى سيكون الفرد قادراً على المحافظة على السرعة المطلوبة لفترة أطول.

تأثير التدريب على الألياف العضلية البطيئة والسريعة:

Effects of Training on ST and FT muscle fibers:

تشير الأبحاث العلمية أن تدريب التحمل يزيد من القدرة الهوائية للألياف العضلية البطيئة وكذلك الألياف العضلية السريعة، فالألياف العضلية السريعة المتدربة لا تصل بأى حال من الأحوال إلى مستوى القدرة الهوائية للألياف العضلية البطيئة المتدربة. ومع ذلك، فالفرد الرياضى يمكنه زيادة

القدرة الهوائية لأليافه العضلية السريعة للمستوى الذى يتجاوز surpasses القدرة الهوائية للألياف البطيئة الغير مدربة (**سالتين وآخرون** ١٩٧٧م SALTIN, et al.,) وعلى ذلك، فإن تدريب القوة والسرعة يؤدى إلى زيادة حجم وسرعة انقباض الألياف العضلية السريعة والبطيئة، بالإضافة إلى زيادة قدرتها على سرعة تحرير الطاقة (**تيش، لارسون** TESCH & LARSSON ١٩٨٢م). ومع ذلك، فإن الألياف السريعة تمتلك احتمال أكبر للزيادة فى قدرتها على تحرير الطاقة بالمقارنة بالألياف العضلية البطيئة. وتأكيداً لذلك، فإن الألياف العضلية السريعة لدى الفرد المتدرب عادة ما تكون أكبر من الألياف البطيئة. وكذلك، فإن الفرد الرياضى يمكنه زيادة سرعة انقباض وقوة الألياف العضلية البطيئة التى يجب أن يمتلكها لاعبى السرعة والتى لا يمكن أن تصل أبداً لمستوى الألياف العضلية السريعة الغير مدربة.(*)

أنواع الألياف العضلية وقدرة الرياضى:

Fiber Types and Athletic Ability:

إن العضلات لدى معظم الجنس البشرى تحتوى على مقادير متعادلة تقريبا من الألياف العضلية السريعة والبطيئة، ففى داخل مجموعة الألياف السريعة، فإن ٣٣٪ من الألياف تقريبا تصنف إلى ألياف "أ" FTa، ١٤٪ ألياف "ب" FTb، الباقى ٣٪ هى ألياف "ج" FTc (**سالتين وآخرون** ١٩٧٧م). ومع ذلك، فبعض الأشخاص يمتلكون عضلات تتكون من مقدار أكبر كثيرا من نوع واحد من الألياف بالمقارنة بالنوع الأخر. ومثال لذلك، قرر **كوستل** (١٩٧٨م) أن النسبة المئوية من الألياف العضلية البطيئة فى العضلة الدالية Deltoid muscles لدى بعض السباحين تزيد بدرجة كبيرة عن ٨٠٪، وتقل عن ٢٠٪ لدى البعض الآخر. فالعضلات لدى كلا من الذكور والإناث قد تحتوى على زيادة مفرطة فى نسبة الألياف سواء السريعة أو البطيئة.

(*) ولمزيد من المعلومات يراجع للمؤلف كتاب فسيولوجيا الرياضة وتدريب السباحة، الجزء الأول، مركز الكتاب للنشر بالقاهرة، المركز العربى للنشر بالزقازيق، ٢٠٠٢م.

وقد تضاربت آراء العلماء حول الطاقة التى يستهلكها الفرد الرياضى للأداء سواء السرعة أو التحمل والتى تُحَدّد وفقاً للنوع السائد Predominant Type من الألياف التى تحتويها العضلة. فالفرد الرياضى الذى يمتلك النسبة المئوية العالية من الألياف العضلية السريعة، فإنه يمتلك طاقة كامنة أكبر للنجاح فى سباقات السرعة، لأن لدية المزيد من الألياف التى يمكنها أن تنقبض بسرعة وبقوة أكبر. ولكن هؤلاء الرياضيون تكون فرصة الفوز لديهم فى سباقات التحمل ضعيفة، حيث أنهم يمتلكون أعداد صغيرة من الألياف العضلية البطيئة، مما يؤدى بالتالى إلى نقص القدرة على التزود بالطاقة هوائياً. ووفقاً لذلك، فمثل هؤلاء الرياضيون يتجهون إلى التعب مبكراً لأن حمض اللاكتيك سوف يتراكم فى عضلاتهم.

وعلى الرغم من وضوح النسبة المئوية التى تُرجح Preponderance أن الألياف العضلية البطيئة شرط لسباقات التحمل وأن الألياف السريعة شرط للسباقات التى تتميز بالسرعة، فإن الدراسات العلمية لم تُشّر إلى وجود علاقة دالة (قوية) بين النسبة المئوية لنوع الليفة فى عضلات السباحين وارتفاع مستوى الأداء فى سباقات محددة (**كامبل، بونين، كيربى، بيلكاسترو** ١٩٧٩م CAMPBELL, BONEN, KIRBY, & BELCASTRO)، (**كومى، كارلسون** ١٩٧٨م COMY & KARLSSON). وبمعنى آخر، فإن السباحين الذين لديهم نسبة مئوية أكبر من الألياف العضلية السريعة ليس عادة هم أسرع سباحى السرعة، أو أن السباحين الذين لديهم نسبة مئوية أعلى من الألياف العضلية البطيئة هم فى الغالب أسرع سباحى المسافات. فهذه الحالة من المحتمل حدوثها لأن تنوع مسافات السباقات التنافسية يسمح للسباحين للتغلب على أى عوائق بأقل نسبة مئوية إيجابية من نوع الليفة وذلك من خلال عوامل أخرى تلعب دوراً حيوياً فى ذلك مثل التدريب الجيد وميكانيكية الأداء الصحيحة وقدرة السباح على التسابق الفعال (دافعية الإنجاز)... الخ.

ويجب أن نعلم أن الاختلافات بين مسافات سباقات السرعة والتحمل غير كبيرة فى السباحة بالمقارنة بالرياضات الأخرى وبصفة خاصة ألعاب المضمار فى ألعاب القوى، فأقصر سباق فى السباحة هو الـ٥٠م والذى يتطلب لأدائه فى سباقات الحرة ما بين ١٩-٢٥ث لأسرع السباحين من الذكور والإناث، بينما لاعبى المضمار يعدوا هذه المسافة فى ٥-٦ث، وفى المقابل، فإن أطول سباق فى السباحة هو ١٥٠٠م حرة، ويتطلب أدائها ما بين ١٤-١٨ دقيقة للسباحين المصنفين، بينما سباق الماراثون فى ألعاب القوى يستغرق عدة ساعات لأدائه.

إن النسبة المئوية الكبيرة من الألياف العضلية السريعة هى فى الحقيقة ضرورية للنجاح فى سباقات الـ٥٠م. ومع ذلك، ففى كل السباقات الأخرى، فإن السباحين فى حاجة لكلاً من السرعة والتحمل. ولذا، فإن السباحون يحتاجون فى الغالب لدرجة متعادلة من كلاً من النوعين الرئيسين من الألياف العضلية. ولكن فى الحقيقة فإن سباحى مسابقات الـ١٠٠، ٢٠٠م تكون فرصتهم أفضل للفوز إذا ما كان لديهم نسبة مئوية كبيرة من الألياف العضلية السريعة، وبالمثل فإن سباحى الـ١٥٠٠م أصحاب الألياف العضلية البطيئة تكون فرصتهم أفضل للنجاح فى مثل هذه المسافة، والجدول التالى رقم (٣) يوضح خصائص هذه الألياف.

جدول (٣)

خصائص الألياف العضلية السريعة والبطيئة

الخصائص	الألياف السريعة		الألياف البطيئة
	FTa	FTb	ST
سرعة الانقباض	سريع	سريع	أبطئ
القدرة على التمثيل اللاهوائى	اكبر	اكبر	اقل
القدرة على التمثيل الهوائى	قليل	اقل	أكبر
الحجم ❖	اكبر	أكبر	أصغر
التمثيل الهوائى	قليل	اقل	أكبر
القدرة	اكبر	أكبر	قليل

تابع جدول (٣)
خصائص الألياف العضلية السريعة والبطيئة

الخصائص	الألياف السريعة		الألياف البطيئة
	FTa	FTb	ST
الميتوكوندريا	قليل	أقل	أقصى
الشعيرات	قليل	أقل	أقصى
نشاط الأنزيمات اللاهوائية	أكبر	أكبر	قليل
نشاط الأنزيمات الهوائية	قليل	أقل	الأكبر
نشاط أنزيم ATPase	زيادة	زيادة	قليل
نشاط أنزيم CPK	زيادة	زيادة	قليل
محتواها من الجليكوجين	لا اختلاف		
محتواها من الـ ATP	لا اختلاف		
محتواها من الـ CP	زيادة	زيادة	قليل
محتواها من الدهون	قليل	قليل	زيادة
محتواها من البروتين	زيادة	زيادة	قليل
محتواها من الميوجلوبين	قليل	أقل	أقصى
محتواها من الكالسيوم	زيادة	زيادة	أقل
قدرة المنظمات	زيادة	زيادة	أقل

ملحوظة: بالنسبة للحجم، فإن الألياف السريعة أكبر حجماً لدى الشخص العادي، هذه العلاقة يمكن أن تتغير بسهولة مع التدريب، فالرياضيون المتدربون جيداً على التحمل عادة ما يكون لديهم الياف بطيئة أكبر حجماً، بينما الألياف السريعة المرتبطة بسرعة وقدرة الرياضيون المتدربون عادة ما تكون أكبر حجماً من تلك الألياف عند نظرائهم من الأفراد العاديين.

هل يمكن للألياف السريعة أن تتحول إلى ألياف بطيئة؟

Can "FT" Fibers Be converted to "ST" Fibers ?

يعتقد معظم العلماء أن النسبة المئوية للألياف السريعة والبطيئة لا يمكن تغيرها بالتدريب، (**ماك دوجال وآخرون** ١٩٨٠م MAC-DOUGALL). ومع ذلك، فإن تدريب السرعة يمكنه زيادة سرعة الانقباض وقوته للألياف العضلية البطيئة، كما أن تدريب التحمل يمكنه أن يزيد القدرة الهوائية للألياف

العضلية السريعة، وفى نفس الوقت، فإن الخبراء يعتقدون أن التدريب على السرعة للألياف البطيئة لا يجعل انقباضها بنفس السرعة والقدرة الكبيرة مثل تدريب السرعة للألياف السريعة. وينطبق ذلك بنفس الصورة على تدريب التحمل للألياف العضلية السريعة حيث لن يزيد من القدرة الهوائية لها بنفس القدر الذى يحدثه التحمل للألياف البطيئة.

ومن المحتمل أن لا يغير التدريب من خصائص الألياف السريعة والبطيئة، ولكن خصائص الألياف العضلية التى يمكن أن تتغير هى للألياف السريعة (أ، ب) FTa, FTb. فالتدريب يقلل من عدد الألياف "ب" FTb ويزيد من عدد الألياف "أ" FTa. وكذلك فالتدريب يزيد من مقدار الميوجلوبين وعدد الميتوكوندريا وتركيز الأنزيمات الهوائية فى الألياف العضلية "ب" FTb لتصبح ألياف "أ" FTa، أو على الأقل تصبح وظيفتها مشابه لها (**سالتين وآخرون** ١٩٧٧م).

وقد أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أن الألياف "ج" FTc قد تتحول مثلما تتحول الألياف "ب" إلى ألياف "أ" (**بوتينلى وآخرون** BOTTINELLI, et al., ١٩٩٤م). وقد أشارت إحدى هذه الدراسات إلى أن العضلات لدى الأفراد المدربين وجد أنها تحتوى على القليل من الألياف "ب". وفى نفس الوقت فإن النسبة المئوية للألياف "ج" زادت نسبتها نتيجة نقص الألياف "ب" (**فيتس، ويدريك** FITTS & WIDRICK ١٩٩٦م) .

ويُظّهر تدريب التحمل وتدريب السرعة وتدريب الأثقال زيادة فى عدد الألياف العضلية "أ" لدى الإنسان بينما يُظّهر نقصاً فى عدد الألياف "ب". فهذا التغير يمكن أن يؤثر إيجابياً على أداء سباحى المسافات المتوسطة والمسافة. فتحمل هؤلاء السباحون يمكن أن يتحسن عن طريق زيادة القدرة الهوائية للألياف "ب" بشكل بسيط، لأن هذه الألياف لديها معظم الطاقة اللازمة للتحسن. وكما أشرت من قبل، فإن القدرة الهوائية للألياف العضلية "ب". يمكن أن تتحسن بشكل أفضل عن طريق سباحة مجموعات تكرارية للتحمل عند

شدة عالية، لأن السرعات السريعة تتطلب نشاط تلك الألياف. وفى نفس الوقت، قد يكون السباحون قادرون أيضاً على تحسين قدرتهم الهوائية عن طريق سباحة مسافات كبيرة جداً عند شدة من منخفضة إلى شدة معتدلة. وهذه الطريقة سوف تؤثر بشكل جيد على المدى الطويل.

وهناك جانب آخر يتعلق بسباحى السرعة، فالتدريب يزيد من تحمل الألياف العضلية السريعة، وعلى الأخص الألياف السريعة "ب"، وقد يقلل أيضاً من سرعة انقباض العضلات وقوة هذا الانقباض. فقد قرر (**فيتس، كوستيل، جاردتو** ١٩٨٩م FITTS, COSTILL & GARDETTO) فقد سرعة الانقباض فى الألياف العضلية السريعة بعد ١٠ أيام من تدريب التحمل. هذا بالإضافة إلى أن العديد من الدراسات أشارت إلى أن تدريب التحمل يقلل من نشاط أنزيمات الكرياتين التى تتحكم فى معدلات التمثيل اللاهوائى للطاقة (**سجودين** SJODIN ١٩٧٦م). وتأثير نقص هذه الأنزيمات سوف يقلل بالتالى من معدل الطاقة اللاهوائية المتحررة فى الألياف العضلية السريعة، مما يؤدى إلى عدم قدرة الفرد الرياضى على إنتاج سرعات أعلى أثناء أدائه للمسافات القصيرة.

إن تدريب التحمل والسرعة يتماثلان فى زيادة معدل انقباض الألياف العضلية البطيئة، وتشير الدلائل إلى أن الفترات الطويلة من تدريب التحمل قد تعكس Reverse تقدم وبطء سرعة انقباض الألياف العضلية البطيئة، وقد قرر **فيتس، ويدريك** FITTS & WIDRICK (١٩٩٦م) أن الاستمرار فى تدريب التحمل يؤدى إلى تحسن فى سرعة الانقباض للألياف العضلية البطيئة.

الجهاز الدورى Circulatory System:

إن الغرض من هذا الجهاز هو نقل الدم لجميع أجزاء الجسم، وهذه الوظيفة هامة، لأن الدم هو الذى يحمل الأكسجين والجلوكوز والعناصر الغذائية الأخرى إلى أنسجة الجسم المختلفة، كما يحمل حمض اللاكتيك وأيونات الهيدروجين وثانى أكسيد الكربون للتخلص منها. لذا، فهذا الجهاز

هو جهاز توزيع Delivery المواد التى يحتاج إليها الفرد الرياضى لمد العضلات بما تحتاجه من طاقة حتى يمكنها الاستمرار فى الأداء البدنى، كما أنه جهاز التخلص من المواد التى تسبب التعب إذا ما بقيت تلك المواد فى العضلات.

فالجهاز الدورى أساسى مثل جهاز الفلترة فى حمامات السباحة. فحمام السباحة مثل أنسجة الجسم، وفى مقدمتها العضلات. فالقلب هو المضخة، والشرايين والأوردة Arteries & Veins هى الأنابيب Pipes التى تذهب إلى حمام السباحة وتعود منه. ووفقاً لذلك، فإن الدم يمثل الماء الذى يندفع إلى حوض السباحة بعد عملية التنقية، ثم يندفع هذا الماء عائداً من حمام السباحة حاملاً المواد المراد التخلص منها.

معدل نبض القلب Heart Rate:

إن عدد المرات التى ينقبضها القلب فى الدقيقة هو ما يُعبر عنه بمعدل نبض القلب. وفى الحقيقة، فإن كلاً من الجانب الأيمن والجانب الأيسر من القلب (البطينين Ventricles) ينقبضا معاً فى وقت واحد Simultaneously، ولكن هاتين الانقباضتين يُعدّا معاً كضربة واحدة. فالبطين الأيسر من القلب يملأ بالدم الآتى من الرئتين أثناء فترة الراحة بين النبضات. وعندما ينبض القلب، فإنه يدفع الدم بما يحمله من أكسجين ومواد غذائية إلى العضلات. أما البطين الأيمن فإنه يملأ بالدم العائد من العضلات أثناء فترة الراحة ثم يدفع هذا الدم بما يحتويه من ثانى أكسيد الكربون إلى الرئتين.

إن معدلات نبض القلب فى الراحة تكون ما بين ٦٠-٨٠ن/ق (bPm) وذلك عند معظم الأفراد الغير رياضيين. أما عند الأفراد الرياضيين، فإنه يتجه نحو الانخفاض ليصل ما بين ٣٠-٥٠ ن/ق، لأن معدل نبض القلب فى الراحة يقل مع التدريب، كما تصبح العضلات القلبية Cardiac Muscles بالقلب أكبر وأقوى وبالتالى يمكنها دفع المزيد من الدم مع كل نبضة (نفضه). ووفقاً

لذلك، فإن القلب سيتطلب نبضات أقل حتى يمكنه المدّ بكمية الدم المعتادة التى يحتاجها الفرد الرياضى فى حالة الراحة.

ولمزيد من الدقة، فإن معدل نبضات القلب يجب أن تُعّد لمدة ٦٠ث. ويمكن أداء ذلك بالضغط الخفيف على الشريان السباتى بالرقبة **Carotid artery in the neck**، أو الشريان الكعبرى **Radial artery** فى رسغ اليد، أو بوضع اليد على القلب على الجهة اليسرى من الصدر.

ولكل منا حدٌ أقصى لنبضات القلب، وهو الذى يعبر عن العدد الأقصى من النبضات التى يمكن للقلب أن ينبضها فى الدقيقة. وهذا المعدل عادة ما يكون ما بين ١٨٠-٢٢٠ن/ق. ومن المحتمل أن تلعب الوراثة **Heredity** دوراً فاعلاً فى تحديد المعدل الأقصى لنبض القلب، كما أن التدريب نادراً ما يحدث أى تغير فى هذا الحدّ.

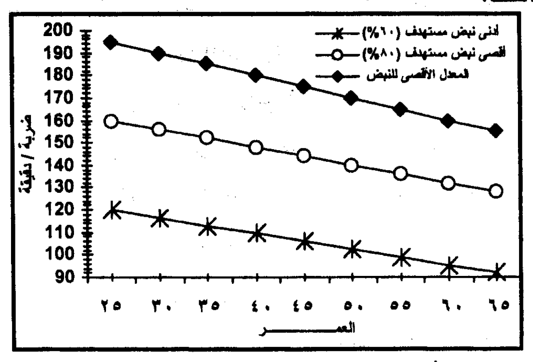
ويتجه الحدّ الأقصى لنبضات القلب إلى النقصان كلما تقدم عمر الإنسان، حيث يحدث نقص ثابت مقداره نبضة واحدة عن كل سنة بدءً من العمر ١٠-١٥ سنة. وعلى ذلك يخصم نبضة واحدة من الحد الأقصى عن كل عام من عمر الفرد والذى – كما ذكرنا من قبل – يبلغ ٢٢٠ن/ق. ولكن هذه الطريقة لا تعطى تقديراً دقيقاً، فمدى الحد الأقصى لنبض القلب يختلف بشكل كبير ما بين الأشخاص كلما أصبح الفرد أكبر سناً. ومثال لذلك، ووفقاً لهذه القاعدة، فإن الفرد الذى يبلغ من العمر ٤٠ عام يجب أن يكون أقصى معدل لنبض القلب لدية ١٨٠ن/ق ومع ذلك، فإن المعدل الأقصى لنبض القلب عند هذا الشخص يكون فى المدى ما بين ١٥٦-٢٠٤ن/ق (**ويلمور، كوستل** WILMOR & COSTILL ١٩٩٩م)، وعند تطبيق ذلك فى التدريب، فإن معدل نبض القلب الأقصى يجب أن يحدد بشكل فردى لكل فرد على حدة.

ومن الطرق المستخدمة فى السباحة لحساب أقصى معدل لنبض القلب يحققه الفرد، سباحة مجموعة من التكرارات لمسافة الـ١٠٠م مع راحة بينية

قصيرة (من ٥-١٥ث) بحيث تبدأ هذه التكرارات بسرعة معتدلة تُظهر معدل متوسط لنبض القلب، ثم تزداد السرعة تباعاً بعد ثوان قليلة مع كل تكرارات حتى تصبح أسرع. ولكن بالخبرة وجد أن هذه الطريقة لا تحدث زيادة فى معدل نبض القلب. وهناك طريقة أخرى، وهى حساب معدل نبض القلب أثناء العديد من الجرعات التدريبية ذات المجهود العالى ولأيام عديدة. ويأخذ أعلى معدل للقلب يتحقق مع مراعاة الخطأ المحتمل والذى تحدثنا عنه سابقاً بحيث تخصم نسبة هذا الخطأ. مع ملاحظة أن هذا المعدل إذا استطاع السباح تكراره أكثر من مرة فلا يعتبر هو الحد الأقصى لنبضات القلب، ولكن المعدل الأقصى الذى يحققه السباح لمرة واحدة قد يكون هو الحد الأقصى الحقيقى.

معدل نبض القلب المستهدف Target heart rate:

يعرفه **روبرت فرانس** ROBERT FRANCE (٢٠٠٤م) "بأنه اقصى نسبة مئوية لنبض القلب التى تكون آمنة عند وصول الفرد إليها أثناء التمرين الرياضى". وتوصى جمعية القلب الأمريكية بأن التمرين الرياضى الذى يكون مداه لدى الأصحاء ما بين ٥٠٪-٧٠٪ من أقصى نبض للقلب هو افضل نبض مستهدف للقلب، والذى يتم حسابه بطرح عمر الفرد من اقصى نبض للقلب والذى يبلغ ٢٢٠ن/ق، حيث أن نبض القلب يقل كلما تقدم عمر الفرد. والشكل التالى يوضح ذلك.



شكل (١٣) يوضح نبض القلب المستهدف

فنبض القلب المستهدف يعبر عن استجابة الجهازين الدوري والتنفسي للتمرين الرياضي لكلاً من الرياضيين والغير رياضيون. ويشير العلماء أن المحافظة على مستوى نبض القلب المستهدف لفترة ما بين ١٥-٣٠ دقيقة يومياً أثناء التمرين الرياضي له فوائد صحية عديدة للفرد الممارس للنشاط. ويحسب نبض القلب المستهدف وفقاً للخطوات التالية:

- الخطوة الأولى: ٢٢٠- العمر الزمني للفرد = أقصى معدل لنبض القلب (MHR).
- الخطوة الثانية: ٠.٦٠ × MHR = أدنى معدل لنبض القلب المستهدف.
- الخطوة الثالثة: ٠.٨٠ × MHR = أقصى معدل لنبض القلب المستهدف.

حجم الضربة Stroke Volume:

اصطلح على تسمية مقدار الدم المدفوع من البطينين مع كل نبضة بحجم الضربة stroke volume ويبلغ مقدار هذا الدم وقت الراحة ما بين ٦٠-١٣٠ مليلتر لكل نبضة. ويمكن أن يزيد هذا المقدار ليكون ما بين ١٥٠-١٨٠ مليلتر / نبضة أثناء التمرين الرياضي. هذه المقادير تشير للدم المدفوع من البطين الأيسر فقط، وفي المقابل تدفع كمية معادلة لها في نفس الوقت من البطين الأيمن. ويؤدي تدريب التحمل إلى زيادة حجم الضربة. وتساهم العديد من العوامل في تحقيق هذه الزيادة، شاملة الزيادة في كثافة الدم. وعادة ما يكون حجم الضربات عند الرياضيين بعد التدريب أكبر بالمقارنة بقبل التدريب، وهذا يفسر لنا لماذا تكون عدد النبضات أقل بعد التدريب بالمقارنة بالراحة، حيث يمكن لهذه الضربات المدّ بنفس مقدار الدم إلى الجسم عن طريق دفع المزيد من الدم من القلب مع كل نبضة، ولذا، فإن القلب في هذه الحالة لا يحتاج للنبض الأسرع. ولنفس الأسباب، فإن التدريب يقلل أيضاً من معدل نبضات القلب عند الرياضيين بـ١٠-١٥ن/ق أثناء مجهود السباحة الأقل من الأقصى. ويزيد التدريب أيضاً من حجم الضربة الأقصى التي يمكن أن يحققها الرياضيين. فالمقادير الأقصى قد تكون في المدى من ١٢٠-١٤٠ مليلتر/نبضة

لـدى الأشـخـاص الغـير مـدربـين، ولكـن يمكـن زيادتـها لتكـون مـا بـين ١٦٠-١٨٠ مليلتر/نبضة بعد التدريب.

الدفع القلبى Cardiac Output:

يعرف الدفـع القلبى بأنه: "مقدار الدم المقذوف Ejected مـن القلـب خلال دقيقة من الزمن". وكمـا ذكرنـا مـن قبـل، فنحـن نعتبر أن الكميـة المدفوعـة مـن البطين الأيسر فقط هى المعبر عن الدفـع القلبى. والبطين الأيمـن سـوف يقـذف مقـدار مسـاوى لـه مـن الـدم أثنـاء نفس الفـترة الزمنيـة. فـالدفع القلبـى يحسـب بمضاعفة معدل نبض القلب عن طريق حجم الضربة، فـالدفع القلبى الطبيعى للشـخص فـى حالـة الراحـة يكـون مـا بـين ٥-٦ لـتر/دقيقـة (L/min). وأجسـام الذكور والإناث تحتوى ما بين ٤-٦ لتر دم. ومع ذلك، فإن كل خليـة دم حمـراء عادة ما تستغرق دورة واحدة مـن الرئتين حتى العضلات ثم تعـود مـرة أخرى فـى حوالى دقيقة واحدة فى حالة الراحة.

إن الرياضيين الغير مدربـين جيداً يمكن أن يزيـد لديـهم الدفـع القلبـى ليصل إلى أربع أضعافه أثناء التمرين، ليصل إلى ٢٠لتر/ق تقريباً. ويحدث ذلك نتيجـة زيـادة معـدلات نبـض قلوبـهم وأحجـام الضربـات أثنـاء التمريـن. أمـا الرياضيون فيمكن أن يحدث لديهم زيـادة الدفـع القلبـى بدرجـة أعلـى مـن الأفـراد الغير مدربـين أثنـاء التمرين لأن التدريـب يزيـد أحجـام الضربـات القصـوى لـدى الرياضيين. ففـى أثنـاء التمريـن الأقصـى، فـإن الدفـع القلبـى لـدى الريـاضيين المتدربـين سـيصبح أكـبر بـ٦ أو ٧ أضعـاف مسـتوى الدفـع القلبـى لديـهم أثنـاء الراحة. ووفقاً لذلك، فإن كل خلية دم حمراء يمكنها الانتقـال مـن الرئتين إلى العضلات والعودة مرة أخرى ٦ أو ٧ مرات، بدلاً من مـرة واحـدة فقـط كـل دقيقـة. هذا الدفـع القلبى الأكبر هام لأن ذلك يزيد مـن مقـدار الأكسـجين وجلوكوز الـدم الـذى يمكـن أن يصـل إلى العضـلات خـلال كـل دقيقـة، وفـى المقـابل زيـادة مقـدار ثـانى أكسـيد الكربـون وحمـض اللاكتيـك الـذى يمكـن أن يحملـه الـدم للتخلص منه.



ويذكر العلماء أن الدفع القلبى فى الراحة لا يزيد مع التدريب، ولكن القلب يصبح أكثر كفائه فى طريقة المدّ بالدم. وكما ذكرنا من قبل، فإن حجم الضربة يزيد ومعدل نبض القلب يقل، لذا، فالفرد عندما يستريح فإن القلب لا يحتاج للعمل بشدة لدفع نفس الـ٥ لتر إلى الجسم كل دقيقة.

إن التدريب الرياضى لا يزيد من معدلات الدفع القلبى للرياضيين أثناء المجهود الأقل من الأقصى المماثل، لأنه ليس هناك حاجة إلى ذلك، لأن المتطلبات من الأكسجين ستكون هى نفس المتطلبات، ومع ذلك، سواء المتدربون أو الغير متدربون، فليس هناك حاجة لمقدار كبير من الدفع القلبى، فحجم الضربة للرياضيين المتدربون جيداً سوف تزيد أثناء المجهود الأقل من الأقصى لدرجة أن القلب سوف لا يكون فى حاجة للضربات السريعة للمدّ بنفس الدفع القلبى، ولهذا السبب، فإن معدل نبض القلب لدى الفرد المتدرب يقل أثناء المجهود الأقل من الأقصى.

إن الأفراد الرياضيون يمكنهم زيادة أقصى دفع قلبى لهم بالتدريب، وبلوغ أقصى مقادير للدفع القلبى لديهم ٣٠ أو ٣٥ لتر/ق ليس استثنائياً لدى رياضى التحمل المتدربون. وفيما يلى نموذج يوضح حساب الدفع القلبى فى الراحة والمجهود الأقصى للأفراد المدربون والغير مدربون.

((نموذج لمقادير الدفع القلبى للأفراد المدربون والغير مدربون))

- **الدفع القلبى للأفراد الرياضيين المدربون:**
  - في الراحة:
    ٤٠ن/ق + ١٢٥ ملى‌لتر/ نبضة = ٥٠٠٠ ملى‌لتر/ق أو ٥ لتر/ق
  - أثناء التمرين:
    ٢٠٠ن/ق + ١٥٠ ملى‌لتر/ نبضة = ٣٠٠٠٠ ملى‌لتر/ق أو ٣٠ لتر/ق
- **الدفع القلبى للأفراد الغير مدربون:**
  - في الراحة:
    ٧٣ن/ق + ٧٠ ملى‌لتر/ نبضة = ٥١٠٠ ملى‌لتر/ق أو ٥.١ لتر/ق
  - أثناء التمرين:
    ٢٠٠ن/ق + ١٠٠ ملى‌لتر/ نبضة = ٢٠٠٠٠ ملى‌لتر/ق أو ٢٠ لتر/ق

وتحدد العلاقة بين معدل نبض القلب للفرد الرياضى، وحجم الضربة، والدفع القلبى بشكل كبير عن طريق معرفة سرعة دورات الدم داخل الجسم. وهناك أيضاً مظاهر أخرى هامة تتعلق بوظيفة الجهاز الدورى فى تحرير الأكسجين والمواد الغذائية ونقل ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك أثناء التمرين. وتتمثل هذه العوامل فى كمية الدم بالجسم، وعدد خلايا الدم الحمراء، وعدد الشعيرات الدموية الموجودة حول العضلات والرئتين، والاختلاف فى حجم الأكسجين بين الأوردة والشرايين الموجودة حول الياف العضلة العاملة. هذا بالإضافة إلى ضغط الدم وتوزيعه Distribution خلال الجسم. فكل ذلك يلعب دوراً هاماً أثناء التمرين.

خلايا الدم الحمراء وحجم الدم Red Blood Cells and Blood Volume:

يتكون الدم من البلازما – الجزء السائل – ومواد صلبة Solid تحتوى على خلايا الدم الحمراء وتسمى إيريثرويت Erythrocytes، وخلايا دم بيضاء تسمى ليكوسيت Leukocytes وبلاتليتس Platelets صفائح دموية وتسمى ثرومبوسيت Thrombocytes. وتتكون البلازما بشكل أساسى من ماء وتمثل من ٥٥-٦٠٪ من إجمالى حجم الدم. وخلايا الدم الحمراء والبيضاء والبلاتليتس تصنع Make up فى حالة الراحة. فالخلايا الحمراء تشكل إلى حد بعيد المقدار الأكبر من المادة الصلبة فى الدم، وتشكل بالإضافة إلى خلايا الدم البيضاء والبلاتليتس أقل من ١٪ من إجمالى الدم. وخلايا الدم الحمراء هامة لأنها تحتوى على الهيموجلوبين، والحديد الموجود بالهيموجلوبين وهو بروتين يسمى الهيم heme الذى يندمج مع الأكسجين ثم ينقله إلى أنسجة الجسم المختلفة.

إن الزيادة فى خلايا الدم الحمراء سوف تُزّيد من الأكسجين الذى تتزود به العضلات، مما يزيد من تحملها، فى حين أن النقص فى مستوى التركيز الطبيعى للدم، اى نقص خلايا الدم الحمراء، يقلل من الأكسجين المستهلك

مما يقلل من تحمل العضلات. وعلى ذلك، فإن نقص خلايا الدم الحمراء يؤدى إلى نقص الهيموجلوبين، والذى يؤدى نقصه إلى ما يعرف بالأنيميا **Anemia**.

وتشير الدراسات العلمية إلى وجود اختلاف فى نتائجها حول تأثير التدريب على خلايا الدم الحمراء، ويجب أن نأخذ فى الاعتبار، ما أشارت إليه بعض الدراسات إلى عدم حدوث زيادة فى خلايا الدم الحمراء، بينما البعض الأخر قررت حدوث تحسن بسيط فقط أثناء التدريب عند مستوى البحر. بينما التدريب فى المناطق المرتفعة عن سطح البحر عند ارتفاعات متنوعة أدت إلى زيادة الهيموجلوبين بشكل أكبر من التدريب عند مستوى البحر.

فعندما تزيد خلايا الدم الحمراء، فإن الهيموجلوبين يجعل الدم أكثر لزوجة **More Viscous** وأكثر مقاومة لتدفقه خلال الجسم. فالمعدل البطيئ لتدفق الدم يقلل من معدل تحرر الأكسجين والجلوكوز بدرجة كبيرة أثناء التمرين. لذا، فإن سائل الدم يتجه للزيادة نسبيا بدرجة أكبر من زيادة تركيز الهيموجلوبين فيه مع التدريب.

الشعيرات الدموية Capillaries:

يرسل القلب الدم إلى العضلات عن طريق مجموعات كبيرة من الشرايين أو الأنابيب، ثم تتفرع هذه المجموعات إلى مجموعات أصغر من الشرايين تسمى شرينات **Arterioles**. كما تنقسم هذه المجموعات إلى وحدات نهائية أصغر تسمى الشعيرات الدموية. هذه الشعيرات تلتف حول أنسجة الجسم، ويسمى ما يلتف منها حول الألياف العضلية بالشعيرات العضلية **Muscle Capillaries**. وهذه الشعيرات هى التى تحمل الأكسجين حيث يستخدم فى عملية التمثيل الهوائى. وهذه الشعيرات تحمل أيضا ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك الناتج من الخلايا العضلية وتحملها بغرض التخلص منها. كما أن الشعيرات التى توجد فى الرئتين تسمى الشعيرات الرئوية **Alveolar Capillaries** لأنها تتواجد حول الحجيرات الهوائية وداخل الدم من خلال الشعيرات حتى يمكنها

العودة للقلب، وعندئذ تخرج إلى أنسجة الجسم، وينتشر ثانى أكسيد الكربون خارج الشعيرات وداخل الحجيرات حيث يمكن تبادله.

ويؤدى التدريب إلى زيادة عدد الشعيرات التى تتواجد حول كل ليفة عضلية. هذه الزيادة تساهم فى حمل المزيد من الأكسجين والجلوكوز للعضلات وانتقال المزيد من ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك منها خلال كل دقيقة من التمرين.

وتلعب الشعيرات دورا هاما حيث أنها تتصل مباشرة بالألياف العضلية، لأنها تبطئ أيضا من معدل الدم المتدفق خلالها عن طريق العضلات، مما يعطى المزيد من الوقت للأكسجين والجلوكوز أن ينتشر خارج الدم وداخل العضلات ويأخذ ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك وينتشر من العضلات إلى الدم، وعندئذ فإن الدم ينتقل من الشعيرات لمناطق أكبر تسمى بالأوردة الصغيرة (وريدات) Venues وفى النهاية إلى أنابيب كبيرة جدا تسمى بالأوردة Veins.

وقد يزيد التدريب الرياضى عدد الشعيرات الدموية الموجودة حول الألياف العضلية والأعداد الكبيرة من الشعيرات تؤدى إلى زيادة منطقة الانتشار حول كل ليفة عضلية، مما يسمح لها بحمل المزيد من الأكسجين وتبادل المزيد من ثانى أكسيد الكربون وحمض اللاكتيك.

انتقال الدم Blood Shunting:

يحتوى جسم الإنسان ما بين ٤-٦ لتر دم. والحجم الإجمالى يوزع بالتساوى على كل أنسجة الجسم. ولا شك، فإنه أثناء التمرين الرياضى، فإن كمية أكبر من الدم سترسل إلى العضلات العاملة، فى حين يقل الدم المدفوع للعضلات الغير عاملة والأنسجة العضلية الأخرى. ومثال لذلك، فإنه أثناء الراحة، فإن ١٥-٢٠٪ فقط من إجمالى حجم الدم يذهب إلى العضلات الهيكلية، فى حين أنه فى أثناء التمرين الرياضى فإن هذه الكمية تزيد لتصل إلى ٨٥٪

أو ٩٠٪ من إجمالى الدم (**فوكس، ماثيوس** FOX, MATHEWS ١٩٨١م) واصطلح على تسمية هذه العملية بانتقال الدم **Blood Shunting**، حيث يؤثر المد بمزيد من الدم للعضلات العاملة التى تحتاج لمزيد من الأكسجين والعناصر الأخرى، كما يقلل من التعب الناتج لهذه العضلات.

ويحدث انتقال الدم، لأن الشرايين التى ترتبط بالعضلات العاملة تتمدد **Dilate** أى تتسع **Expand** وبالتالى فإن كمية أكبر من الدم تتدفق خلال تلك الشرايين المتسعة حيث أن ضغط ومقاومة التدفق تقل عندما يقل الدم الوارد خلال مناطق محددة، فالتدريب يؤدى إلى تحسين فعالية انتقال الدم.

ضغط الدم Blood Pressure:

إن تدفق الدم خلال الأوعية الدموية يؤدى إلى حدوث ضغط على جدار تلك الأوعية. وهذا الضغط يقاس بعدد المليمترات من الدم التى تؤدى إلى رفع عمود من الزئبق (Hg) column mercury. وهناك قياسين للضغط يجب أن نعرفهما حتى يمكنا التعرف على الدم المتدفق وهما:

١- الضغط عندما ينقبض القلب.

٢- الضغط عندما ينبسط القلب (فترة الراحة بين نبضات القلب).

فالضغط داخل الأوعية الدموية عندما ينقبض القلب يسمى بالضغط الانقباضى **Systolic** أما الضغط بين النبضات فيسمى بالضغط الانبساطى **Diastolic** لأن الفترة التى يرتاح فيها القلب بين النبضات تسمى انبساط. والمستوى النموذجى (المثالى) لضغط الدم الانقباضى والانبساطى هو ١٢٠، ٨٠ مليمتر/ زئبق على التوالى.

إن ضغط الدم الانقباضى يزيد بتناسب **Proportion** مع شدة العمل المؤدى، لأن كمية أكبر من الدم تتدفق (تندفع) فى الأوعية الدموية عند أى لحظة **at any one time**. هذه الكمية من الدم يمكن أن تزيد إلى المستويات التى قد تؤدى إلى انفجارها إذا كانت الأوعية الدموية غير مرنة.

فالأوعية الدموية لديها القدرة على التمدد لاستيعاب المزيد من الدم الداخل إليها لتقليل الضغط. ووفقا لذلك، فإن الضغط الانقباضى سوف يرتفع إلى مقادير تزيد عن الـ٢٠٠ مليمتر/زئبق عندما يكون العمل المستخدم قوي. ومع ذلك، فإن هذه الزيادة فى الضغط قليلة نسبة إلى الزيادة فى تدفق الدم أثناء المجهود الأقصى والتى تصل إلى ٥٠٠٪-٧٠٠٪. أما ضغط الدم الانبساطى فلا يزيد بشكل مثير Dramatically لأن كمية الدم فى الأوعية الدموية تستقر Subsides لبعض الوقت بين الضربات وفى الحالات الطبيعية فإن ضغط الدم الانبساطى بشكل عام يزيد فقط إلى ١٠٠ أو ١١٠ مليمتر/زئبق (mm/Hg) أثناء التمرين الرياضى.

إن تدريب التحمل يؤدى إلى تقليل كلا من ضغط الدم الانقباضى والانبساطى بمقدار ٦-١٠ مليمتر/زئبق فى حالة الراحة، وبمقدار معادل أثناء التمرين الأقل من الأقصى. فهذا النقص فى ضغط الدم من المحتمل حدوثه لأن مطاطية الأوعية الدموية تزيد خلال التمدد الثابت Constant Expansion والانقباض الذى يسببه التدريب.

وقد حاول العديد من الباحثين خلال السنوات العديدة الماضية التنبؤ بنجاح الرياضى وتحديد التأثيرات التى يحدثها التمرين والتدريب عند قياس ضغط الدم. فقد قرر كارليل Carlile فى دراسة له أن تدريب السباحة أحدث زيادة مقدارها ١٠ مليمتر/زئبق فى ضغط الدم الانقباضى فى الراحة، ونقص من ٥-٩ مليمتر/زئبق فى الضغط الانبساطى فى الراحة. وعلى الرغم من صعوبة معرفة أسباب الزيادة فى ضغط الدم الانقباضى وتفسيرها. ولكنه يعتقد أن ذلك يعكس الزيادة فى حجم الضربة القلبية أثناء كل نبضة قلب والتى تتناسب مع التحسن الحادث فى الأوعية الدموية. ومع ذلك، فإن الزيادة النهائية فى ضغط الدم تحدث مع كل مرة ينبض فيها القلب. أما النقص فى ضغط الدم الانبساطى كان أسهل فى فهم أسبابه، حيث أن هذا النقص فسر على أنه نتيجة الزيادة فى مرونة الأوعية الدموية، حيث يقل الضغط فيها

عندما لا ينبض القلب. ويشير العلماء أن معظم الزيادة الحادثة في ضغط الدم الانقباضى والانبساطى تحدث أثناء الـ٦ أسابيع الأولى من التدريب.

ولكن **كوستيل** COSTILL (١٩٨٦م) يشير في دراسته أن حدوث ارتفاع مفاجئ في كلا من ضغط الدم الانقباضى والانبساطى في حالة الراحة قد يكون نتيجة التدريب الزائد، وتعبر هذه الزيادة المفاجئة عن أن مرونة الأوعية الدموية قد قلت أو أنها لا تحتفظ بسرعتها في الاستجابة للزيادة في الدم المتدفق أثناء التمرين.

وعلى الرغم من هذه الملاحظات، فإن قياسات ضغط الدم لا تعبر بدرجة ثقة كبيرة عن استجابة الفرد للتمرين أو التدريب. ويراعى أن استجابة ضغط الدم للتمرين أو التدريب تختلف من شخص لأخر. ومع ذلك، يرى العلماء أنه لا توجد ثقة كبيرة في اعتبار ضغط الدم مؤشرا للأداء الرياضى. (**كورتون** CURETON)، (**كوستل** COSTILL).

ويشير **رون موجان، ميشيل جليسون** RON MAUGHAN & MICHAEL GLEESON (٢٠٠٤م) أن التكيفات التى تحدث نتيجة التدريب الرياضى فى الجهازين الدورى والتنفسى تؤدى إلى زيادة قدرة العضلات على أكسدة الوقود Fuel Oxidation. والجدول التالى يوضح بعض هذه التكيفات.

جدول (٤)

التكيفات الفسيولوجية الناتجة عن تدريب التحمل

المتغيرات	فى الراحة	فى التمرين منخفض الشدة*	فى التمرين الأقصى**
معدل نبض القلب	يقل	يقل	نقص قليل
حجم ضربة القلب	يزيد	يزيد	زيادة
الدفع القلبى	لا تغير	لا تغير	زيادة
مقدار الأكسجين المتناول	لا تغير	لا تغير	زيادة
مقدار الأكسجين المستهلك	لا تغير	زيادة طفيفة	زيادة
دفع الدم للعضلة	لا تغير	لا تغير	زيادة

* التمرين عند نفس معدل العمل الأساسى Absolute.

** التمرين عند الشدة التى تعادل ١٠٠٪ من الـ Vo_2max

أما عن التكيفات التى تحدث فى العضلات والتى تحسن من استجابتها لتدريب التحمل فتشمل:

١- زيادة كثافة الشعيرات الدموية المحيطة بالألياف العضلية.

٢- زيادة محتوى العضلات من الميوجلوبين.

٣- زيادة نشاط الأنزيمات الهوائية (أنزيمات الأكسدة).

الجهاز التنفسى Respiratory System:

تعتمد حياة الإنسان على عمليتين رئيسيتين يقوم بهما الجهاز التنفسى وهما تزويد الجسم بالأكسجين ثم نقل ثانى أكسيد الكربون لخارج الجسم، فالإنسان لا يستطيع أن يعيش بدون الأكسجين. ويتكون الجهاز التنفسى من الرئتين ومجموعة من الأنابيب المتشعبة التى تقوم بنقل الهواء بما فيه من أكسجين من خارج الجسم إلى مجرى الدم. فأثناء الشهيق **Inhalation** يدخل الهواء إلى الأنف والفم ثم لداخل البلعوم أو الحنجرة **Pharynx** ثم لداخل الرئتين عن طريق أنبوبتين كبيرتين تسميا بشعبتا القصبة الهوائية. ومن خلال الرئتين، فإن الهواء يرسل خلال انابيب شديدة الصغر والتى تسمى الشعب الهوائية **Bronchioles** والتى تنتهى إلى ما هو أصغر والتى تسمى بالحجيرات الهوائية **Alveoli** والتى تحيط بها الشعيرات الدموية.

وفى مرحلة الشهيق من عملية التنفس يأخذ الأكسجين كمكون من الهواء إلى داخل الجسم، ويبقى جزء منه ويخرج الجزء الأخر لخارج الجسم عند عملية الزفير، بالإضافة إلى ثانى أكسيد الكربون وبعض من بخار الماء **Vapor Water** الذى ينتجه الجسم.

ونحن نأخذ الهواء خلال الفم والأنف، ثم ينقل إلى داخل الحنجرة حتى القصبة الهوائية والشعب الهوائية، وأخيراً إلى الحجيرات الهوائية، حيث تنتفخ هذه الحجيرات وتتمدد قليلاً. ثم من خلالها، فإن بعض من هذا الأكسجين الموجود بهذا الهواء ينتشر من هذه الحجيرات الهوائية إلى داخل مجرى الدم

عن طريق الشعيرات الرئوية Pulmonary Capillaries وفى نفس الوقت، فإن ثانى أكسيد الكربون الناتج من العضلات ينتشر فى اتجاه عكسى، أى يخرج من الشعيرات إلى داخل الحجيرات الهوائية، وعندئذ، فإن ثانى أكسيد الكربون ينقل منها للقصبات الهوائية ثم أخيراً يزفر من الأنف والفم.

وقد اصطلح على تسمية حجم الهواء الذى يتم تغيره مع كل نفس بحجم تنفس الراحة Tidal Volume، بينما الهواء الذى يتم تبديله كل دقيقة أصطلح على تسميته بحجم الهواء فى الدقيقة، ويبلغ حجم تنفس الراحة ما بين ٥٠٠-٧٠٠ ملى لتر (ML) من الهواء فى كل تنفس. ويتنفس الإنسان من ١٢-١٥ مرة فى الدقيقة الواحدة، ويبلغ حجم الهواء فى الدقيقة ما بين ٦-١٠ لتر من الهواء.

وأثناء التدريب الرياضى الأقل من الأقصى، فإن الفرد الرياضى يكون لديه معدل التنفس المناسب الذى يمّد الجسم بأكبر قدر من الهواء كل دقيقة مع أقل مجهود للتنفس. ويجب أن يتعلم الفرد الرياضى كيف ينظم العلاقة بين معدل تنفسه والحجم الكلى الطبيعى من الهواء أثناء التمرين دون الحاجة إلى أى نوع من التدريبات الخاصة مثل تمرينات التنفس أو تدريبات تقيد التنفس Restricted Breathing لتحقيق هذا الغرض. كما يجب أن يتعلم السباحون التنفس البطئ والعميق حتى يتلائم معدل التنفس مع رتم أداء السباحة.

ويتكون الهواء الذى نتنفسه من أكثر من ٢١٪ أكسجين، ٧٩٪ نتروجين، وكمية ضئيلة من ثانى أكسيد الكربون (٠,٠٣٪). فأثناء الراحة، فإننا نستنشق ما بين ٧-٩ لتر من الهواء فى الدقيقة الواحدة. ونظراً لأن نسبة الأكسجين فى الهواء تمثل خمس (١/٥) حجم الهواء الكلى، فإننا نستنشق ما بين ١,٥-١,٩ لتر من الأكسجين فى الدقيقة الواحدة ومع ذلك، فإننا نستخلص Extract ما بين ٠,٢٥-٠,٣٠ لتر فقط من هذا المقدار لاستخدامه

داخل أجسامنا وفى المقابل، فإننا نزفر لخارج أجسامنا أثناء الراحة الهواء محتوياً على ثانى أكسيد الكربون الذى أتى للرئتين من مجرى الدم.

الأداء فى السباحة واستهلاك الأكسجين:

Swimming Performance and Oxygen Consumption:

يعرف استهلاك الأكسجين بأنه ((كمية الأكسجين المستخدم أثناء التمرين الرياضى)). وهذه الكمية أو هذا الحجم يعادل مقدار الأكسجين الداخل للجسم أثناء التمرين مطروحاً منه حجم الأكسجين الذى يتم خروجه من الجسم أثناء عملية الزفير.

وعادة ما يفسر استهلاك الأكسجين وفقاً لعدد اللترات أو المليلترات من الأكسجين التى يستهلكها الجسم فى الدقيقة الواحدة من التمرين الرياضى. ومثالاً لذلك، إذا استنشق الفرد ١٠ لتر من الأكسجين وأزفر ٦ لتر فى الدقيقة، فإن الأكسجين المستهلك سيكون ٤ لتر/ دقيقة،

وترتبط كمية الأكسجين التى تستخدمها العضلات فى الدقيقة الواحدة، ترتبط بشكل مباشر بشدة التمرين الرياضى المستخدم حتى يصل للمعدل الأقصى منه والذى يبلغ ٢ لتر/ق للإناث، ٣ للتر/ق للذكور الغير رياضيين، أما الرياضيون، فإن المعدل الأقصى لديهم وخاصة رياضى التحمل يبلغ ما بين ٤-٦ لتر/ق. وقد اصطلح على تسمية أقصى حجم للأكسجين يمكن للفرد استنشاقه خلال دقيقة واحدة من التمرين بالحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين maximal oxygen comsumption، ويرمز له بـ $\dot{V}O_2max$، والنقطة التى توضع أعلى حرف الـ $\dot{V}$ تعبر عن أن هذا الاستهلاك فى الدقيقة. وهذا المصطلح يعبر بشكل مباشر عن قدرة الفرد على مدّ العضلات بالطاقة خلال عمليات التمثيل الهوائى. ونظراً لأهمية الأكسجين المستهلك فى أداء الرياضيين فى سباقات التحمل، فسوف نناقش ذلك بالتفصيل فيما يلى:

الاستهلاك الأقصى للأكسجين Maximal Oxygen Consumption:

يحسب الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين بقياس حجم الأكسجين المستهلك أثناء أداء تكرارات فترية من التمرين الرياضى بسرعات متدرجة حتى يصل الفرد الرياضى إلى مستوى عال منه. فإذا زادت السرعة ولم يحدث فى المقابل أى زيادة فى استهلاك الأكسجين فهذا يدل على أن الفرد الرياضى وصل إلى اقصى قدرة لدية لاستهلاك الأكسجين. ويجب أن نلاحظ أن الفرد الرياضى يصل إلى أقصى استهلاك للأكسجين عندما يسبح بسرعة أبطء من أقصى سرعة لدية. كما أن الفرد الرياضى يمكنه الاستمرار فى زيادة سرعته حتى بعد أن يصل إلى أقصى قدرة لديه لاستهلاك الأكسجين نتيجة قدرته العالية على التمثيل اللاهوائى للطاقة. وهذا محتمل حدوثه حتى لو كان حجم الأكسجين المتوفر كافياً لإتمام عملية التمثيل للطاقة هوائياً. ولكن يجب أن نعلم أن ذلك يحدث لفترة زمنية قصيرة، ومع ذلك، ونتيجة هذا المستوى المرتفع للفرد الرياضى فى القدرة على التمثيل اللاهوائى للطاقة، فإن حمض اللاكتيك وأيونات الهيدروجين تتراكم فى العضلات، وبالتالى يتغير الـPH من التعادل الطبيعى إلى الحمضية. مما يؤدى إلى انخفاض سرعة وقوة انقباض العضلات العاملة وبالتالى بطء سرعة السباحة.

فأثناء التمرين الرياضى الأقل من الأقصى، فإن استهلاك الأكسجين سوف تزيد معدلاته التى تبلغ أثناء الراحة ٠,٢٥ لتر/ق تقريباً إلى المستوى الذى يدعم احتياجات العضلات من الطاقة للانقباض. وهذا يحتاج عادة إلى ١-٣ دقيقة حتى يصل لهذا المستوى من الزيادة فى استهلاك الأكسجين لأن حاجة العضلات العاملة لأكسجين إضافى تحدث أولاً فى العضلات قبل أن يتكيف الجهازين الدورى والتنفسى مما يزيد من الأكسجين المتحرر.

إن العجز فى الأكسجين يعبر عن الأكسجين الذى تحتاجه العضلات والغير متوفر خلال الدقائق الأولى من التمرين. فالفرد الرياضى يمكنه أن

يعوض هذا العجز أثناء ما تبقى من التمرين، هذا إذا كانت شدة العمل المستخدم منخفضة. وللوفاء بهذا العجز، فإن الجسم يمكنه توفيره خلال فترة قصيرة من الزمن والمدّ بمزيد من الأكسجين الذى تحتاجه العضلات للتزود بالطاقة المطلوبة للعمل الذى يقوم به، فمقدار الأكسجين المستهلك أثناء التمرين بالإضافة إلى العجز الأكسجينى اصطلح على تسميته "المتطلب الأكسجينى" **Oxygen Requirement**.

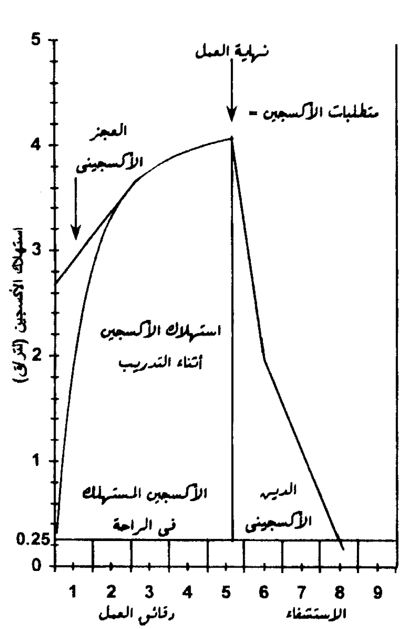
وإذا زادت متطلبات الأكسجين عن الكمية التى يمكن للفرد الرياضى أن يفى بها أثناء التمرين، فإنه قد يستطيع أن يفى بها بعد التمرين حتى يمكنه المحافظة على المستوى العالى من استهلاك الأكسجين لفترة قصيرة. هذه الفترة من استهلاك الأكسجين الإضافى بعد التمرين الرياضى أصبحت تعرف بالدين الأكسجينى **Oxygen Debt**.

والشكل التالى يوضح نموذج لاستهلاك الأكسجين أثناء التمرين. فعندما يبدأ التمرين، فإن حجم الأكسجين المستهلك يزداد خلال الدقيقتين الأوليتين من المجهود حتى تصل إلى المستوى الذى يسد حاجة الرياضى من الأكسجين لإتمام هذا المجهود. كما يبين الشكل ايضاً العجز الأكسجينى الذى حدث أثناء هذه الدقائق. ويلاحظ أن العجز فى الأكسجين يستمر فى الزيادة خلال فترة التمرين لأنه فى حاجة للمزيد من الأكسجين. وفى هذه الحالة، فإن متطلبات الأكسجين لإتمام التمرين تزداد لتصل إلى ٥ لتر/أكسجين/دقيقة، بينما الحجم الأقصى من الأكسجين الذى يمكن أن يستهلكه الفرد الرياضى يقل قليلاً عن ٤ لتر/أكسجين/ق.

وقد يكون قياس استهلاك الأكسجين باللتر/ق خادعاً (غير دقيق)، لأن هذا القياس يتأثر بحجم الجسم للشخص المُختَبر وخاصة الأجسام الكبيرة، فالفرد الرياضى الضخم سيكون مستوى الـVo_2max لدية أعلى بالمقارنة بالرياضيين ذوى الأحجام الصغيرة، لأن الرئتين لديهم كبيرة وبالتالى تقوم



بتبادل المزيد من الهواء، بالتالى مزيد من الأكسجين مع كل دقيقة من التمرين. وبالطبع، فإن الأجسام الكبيرة تتطلب مزيد من الأكسجين. ولهذا السبب، فإن استهلاك الأكسجين يتقرر أيضاً وفقاً لحجم الأكسجين المتوفر لكل كيلو جرام من وزن الجسم، وهذا ما يسمى باستهلاك الأكسجين النسبى. وهذا يؤكد أن تفسير استهلاك الأكسجين يجب ألا يوجه وفقاً لأحجام أجسام الأفراد الكلية. أما فى الطريقة النسبية، فإن استهلاك الأكسجين يفسر وفقاً لعدد المليلترات من الأكسجين التى يمكن للفرد استهلاكها لكل كيلو جرام من وزن الجسم أثناء كل دقيقة من التمرين ورمز وحدة قياسه **mL/kg/min**.



شكل (١٤) نتائج اختبار نموذجى لأقصى استهلاك للأكسجين

وقد بلغت المقادير النسبية لغير الرياضيين للـ**Vo_2max** من ٤٠، ٤٦ ملى لتر/كيلوجرام/ق للإناث والذكور على التوالى. أما السباحين الإناث والذكور المصنفين عالمياً فقد بلغ الـ **Vo_2max** ٦٦، ٨٠ ملى لتر/كيلوجرام/ق على التوالى (**فان هاندل وآخرون VAN HANDEL et al.,** ١٩٨٨م). وأعلى مقدار تقرر للرياضيات من السيدات كان ٧٤ ملى لتر/كيلوجرام/ق، وأعلى مقدار للرياضيين الذكور كان ٩٤ ملى لتر/كيلوجرام/ق (لاعبى التزحلق لسباقات اختراق الضاحية النرويجيون) (**ويلمور، كوستل** ١٩٨٨م).

طرق قياس الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

Methods of Measuring Vo_2max :

وحتى نتعرف على القدرة الهوائية للفرد الرياضى بشكل دقيق، فإن اختبارات الـVo2max هى أفضل الوسائل لقياسها، ولكن يفضل أن تكون الاختبارات أكثر تخصصية حتى تكون أكثر صدقاً فى نتائجها. فالعداءون يجب يستخدموا اختبارات الجرى، ولاعبى الدراجات يستخدموا الاختبارات التى بها تبديل على الدراجة الأرجومترية، والسباحون يستخدموا السباحة داخل الماء أو الدراجة الأرجومترية اليدوية. فالاختبارات التى ترتبط فى تطبيقها بأنشطة أخرى ولا يكون أداتها مماثلاً تقريباً للنشاط التخصصى قد تعطى نتائج غير دقيقة (ولمزيد من التفاصيل ، انظر ...) (*)

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين وشدة المجهود Vo_2max & Work Intensity:

يستخدم العلماء عادة قياسات الـVo2max لتحديد شدة التمرين الرياضى للأفراد والمجموعات من الرياضيين. فعندما نقول أن شدة الأداء عند سرعة تعادل ٧٠٪ من الـVo2max، فإن ذلك يحدد مستوى الجهد الذى يجب أن يتوافق مع هذه النسبة من الـVo2max للفرد الرياضى. ولكن هذه الطريقة لتحديد مستوى حمل العمل تعتبر طريقة جيدة للأغراض البحثية، ولكنها مقيدة بحدود بالنسبة للمدربون. حيث أننا نادراً ما نعرف مستوى الـVo2max لسباحينا، وغالباً لا نعرف ما هو مقدار الأكسجين المستهلك أثناء التدريب. وفى مقابل ذلك فنحن نفضل ما ينطبق على المجهود الفعلى كنسبة مئوية من حدة الأقصى. وحتى نعادل بين الأسلوبين، فإن المعلومات التى أشارت إليها أبحاث الدارسين بخصوص شدة المجهود التى تقررت كنسبة مئوية من الـVo2max أمكن ترجمتها كنسبة مجهود كما يلى:

١- المجهود الذى نسبته من ٥٠٪-٦٠٪ من الـVo2max يعادل شعور الشخص بالمجهود عند نسبة من ٣٠٪-٤٠٪ من حدة الأقصى. (مجهود متوسط).

(*) استراتيجية التدريب الرياضى فى السباحة، الجزء الثانى، مركز الكتاب للنشر، القاهرة، ٢٠٠٥م.

٢- المجهود الذى نسبته من ٧٠٪-٩٠٪ من الـVo_2max يعادل شعور الشخص بالمجهود عند نسبة من ٦٠٪-٨٠٪ من حدة الأقصى. (مجهود فوق متوسط).

٣- المجهود الذى نسبته من ١٠٠٪ من الـVo_2max يعادل شعور الشخص بالمجهود عند نسبة من ٨٠٪-٩٠٪ من حدة الأقصى. (مجهود أقل من الأقصى).

٤- المجهود الذى نسبته من ١١٠٪-١٣٠٪ من الـVo_2max يعادل شعور الشخص بالمجهود عند نسبة من ٩٠٪-١٠٠٪ من حدة الأقصى. (مجهود أقصى).

وتؤثر مسافة تكرارات السباحة بشكل ما على هذه التقديرات الأولية. فقد يشعر الفرد الرياضى أثناء أداء التكرارات القصيرة بأن النسبة المئوية للمجهود أقل عند حسابها من منطلق حدة الأقصى بالمقارنة بحسابها بالنسبة لمستوى الـVo_2max. كما يشعر الفرد الرياضى أيضاً بأن نسبة المجهود الذى يبذله يتوافق بشكل كبير مع النسبة المئوية لمستوى الـVo_2max. عندما تكون التكرارات التى يؤديها السباح أكثر طولاً.

إن معدلات نبض القلب إذا حُسبت بعناية وحُللت Interpreted بدقة Properly، فإنه من الممكن أن تصبح الطريقة الأكثر دقة بالمقارنة بطريقة النسبة المئوية للمجهود الأقصى وفقاً لمستوى الـVo_2max. ويشير العلماء إلى أن معدل نبض القلب ما بين حدة الأقصى وعدد معين من نبضات القلب أقل تعّد مؤشراً جيداً لمعدلات نبض القلب وذلك وفقاً لما يلى:

١- معدلات نبض القلب ما بين حدة الأقصى و١٠ نبضات أقل من الأقصى تتوافق مع سرعة السباحة التى تسبب مقدار استهلاك للأكسجين يعادل ١٠٠٪ من حدة الأقصى.

٢- معدلات نبض القلب التى تقل عن حدة الأقصى بـ١٥-٢٠ ن/ق تتوافق مع سرعة السباحة التى تسبب مقدار استهلاك للأكسجين يعادل ٨٥٪-٩٠٪ من حدة الأقصى.

٣- معدلات نبض القلب التى تقل عن حدة الأقصى بـ٢٥-٣٠ ن/ق تعبر عن المجهود الذى يسبب استهلاك مقدار للأكسجين يعادل ٧٠٪-٨٠٪ من حدة الأقصى.

٤- معدلات نبض القلب التى تقل عن حدة الأقصى بـ٤٠-٦٠ ن/ق فإنها تتوافق مع معدلات استهلاك للأكسجين تعادل ٥٠٪-٦٠٪ من حدة الأقصى.

الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين والأداء الرياضى Vo_2max & Performance:

تشير الدلائل إلى أن الـVo_2max يتحسن بالتدريب، كما أظهرت البحوث أن الوراثة Heredity تعتبر من محددات التعرف على مقدار التحسن لكل فرد على حدة، وأشارت بعض الدراسات أن التوائم المتطابقة Identical Twins غالباً ما تتطابق فى أقصى قدرة لاستهلاك الأكسجين (**بوشارد** BOUCHARD ١٩٩٠، **كليسورساس** KLISSOURSAS ١٩٧١م). وعموماً فإن الرياضيون يمكنهم تحسين أقصى استهلاك للأكسجين لديهم لكل لتر/دقيقة بمقدار ما بين ١٥٪-٢٠٪، أما لو حسب كحد أقصى نسبى، أى لكل كيلو جرام من وزن الجسم، فإن مقدار التحسن يكون ما بين ٢٠٪-٤٠٪.

وكان يعتبر تحديد القدرة على استهلاك الأكسجين خلال السنوات العديدة الماضية، مقياساً جيداً لتقدير قدرة الفرد الرياضى على الأداء لسباقات التحمل، ونحن نؤيد ذلك، حيث أن الفرد الرياضى الذى يمتلك تزويد عضلاته العاملة بمزيد من الأكسجين كل دقيقة من التمرين، سيكون بلا شك قادراً على امتلاك المزيد من الطاقة الناتجة من عملية التمثيل الهوائى. لذا فالفرد الرياضى يمكن أن يصل إلى مرحلة التعب عند معدلات أقل نتيجة اعتماده فى الأداء بدرجة أقل على التمثيل اللاهوائى. فكلما زاد مقدار الـVo_2max لدى الفرد الرياضى، كلما كانت فرصته أفضل فى سباقات التحمل، ولهذا السبب فإن تدريب التحمل أكد تحسن هذا المقياس الفسيولوجى. وأصبح من الحقائق المتعارف عليها أنه كلما تحسن مستوى الـVo_2max كلما تحسن هذا المقياس الفسيولوجى. وأصبح من الحقائق المتعارف عليها أنه كلما تحسن مستوى الـVo_2max تحسن مستوى أداء الفرد للتحمل، ولكن **ماجلشو** (٢٠٠٣م) يرى أن ذلك واحداً فقط من الميكانزمات

الفسيولوجية العديدة التى تلعب دوراً فى ذلك، وليس التحسن فى الـVo_2max فقط هو المعبر عن التحسن فى مستوى التحمل. وفى هذا المجال، فقد أشارت العديد من الدراسات أن هناك علاقة قوية بين الـVo2max ومستوى أداء التحمل بلغت ٠,٧٥-٠,٨٠.

ويشير العلماء أن العوامل الوراثية تلعب دوراً كبيراً فى تحديد النسبة المئوية لمعدلات استهلاك الأكسجين حيث بلغت نسبتها ٩٣.٤٪ لدى الذكور، ٩٥.٩٪ لدى الإناث. (لامب LAMB (١٩٨٤م).

النسبة المئوية المستخدمة من الـ Vo_2max :

Percentage Utilization of Vo_2max:

ظهر فى السنوات الأخيرة مقياس أخر للتعرف على استهلاك الأكسجين، حيث يمكننا التنبؤ بالأداء فى سباقات التحمل بمزيد من الدقة وتحديد مستوى الـVo2max (سجودين، جاكويز ١٩٨١ SJODIN & JACOBS)، (بيشوب، جنيكيز، ماك كينون ١٩٩٨، BISHOP, JENKINS & MAC KINNON) وهذا المقياس هو النسبة المئوية الجزئية لأقصى استهلاك للأكسجين Fractional Percentage of maximum oxygen consumption، وهذا يشير إلى أعلى معدل من العمل الذى يستطيع الفرد أدائه لفترة طويلة من ٢٠-٤٠ دقيقة دون أن يصل إلى التعب، إن المعدل الذى سمى بالنسبة المئوية للقدرة القصوى للفرد على استهلاك الأكسجين هو الناتج الذى يتحدد بقياس استهلاك الفرد الرياضى للأكسجين أثناء أداء المجهود الأقصى بالسباحة لفترة الـ٢٠-٤٠ دقيقة، وعندئذ نحدد الجزء Fraction المعبر عن المعدل الأقصى لاستهلاك الأكسجين لدى الفرد الرياضى. ومثال لذلك، نفترض أن أقصى استهلاك للأكسجين للفرد الرياضى هو ٧٠ مليلتر/كيلوجرام/دقيقة، وإذا كان أعلى معدل لاستهلاك الأكسجين يمكن لهذا الفرد المحافظة عليه لفترة زمنية طويلة بدون تعب هو ٦٠ ملى لتر/كيلو جرام/ دقيقة، وعلى ذلك، فإن هذا الشخص تكون لدية القدرة على العمل عند مستوى ٨٥٪ من مستوى الـVo_2max .

أما الأشخاص الغير مدربين، فإن أعلى استخدام جزئى للـVo_2max الذى لا يحدث التعب هو ما بين ٥٠٪-٧٠٪ من الحد الأقصى، والتدريب يمكنه أن يحسن هذا المقدار ليصل إلى ٧٥٪-٩٠٪ من الحد الأقصى، ولا يفوتنا هنا أن نشير أن الوراثة تلعب دورا كبيرا فى تحديد أعلى نسبة مئوية من الحد الأقصى للأكسجين الذى يصل إليه الفرد الرياضى، ومن أكثر المصطلحات شيوعا لتحديد الحد الأقصى الجزئى للـVo_2max والذى يمكن للفرد المحافظة عليه لفترة طويلة هو العتبة الفارقة اللاهوائية Anaerobic Threshold (واسرمان وآخرون (١٩٧٣م) ,.WASSERMANN, et al) .

ويرى بعض العلماء أن هذا المصطلح (العتبة الفارقة اللاهوائية) غير دقيق وغير ملائم Unfortunate، لأنه من المعتقد أن التمثيل اللاهوائى لا يبدأ حتى يتجاوز الفرد النسبة المئوية الخاصة المستخدمة للـVo_2max ، وفى الحقيقة، فإن التمثيل اللاهوائى يبدأ مع بداية التمرين ويستمر حتى نهايته، فالعتبة الفارقة اللاهوائية لا تعبر عن معدل العمل الذى تكون عنده عملية التمثيل اللاهوائى قد بدأت، وعلى الرغم من ذلك، فإنها تعبر عن المستوى المستخدم لعملية التمثيل اللاهوائى التى يمكن للشخص المحافظة عليها لفترة طويلة دون ظهور علامات التعب الشديد، وعند هذا المعدل، فإن استهلاك الأكسجين والآليات الهوائية الأخرى ستكون كافية لأكسدة معظم المواد التى تحرر الطاقة Energy-Liberating Substances فى العضلات، وبناء على ذلك فإن حمض اللاكتيك ينتج عند معدل أبطء ويتأخر ظهور التعب.

والسؤال الذى قد يطرح نفسه هو لماذا لا يستطيع الفرد الرياضى أداء المجهود لفترة طويلة عند مستوى ١٠٠٪ من الـVo_2max ؟ إن الاعتقاد الشائع، على الرغم من انه خاطئ، أن الفرد لا يصبح متعبا حتى يتجاوز معدلاته الأقصى من استهلاك الأكسجين، وذلك لأنه لم يبدأ فى إنتاج حمض اللاكتيك حتى يصل استهلاكها للأكسجين لقمته، ولكنه قد لا يكون كافيا لمواجهة احتياجاته من الطاقة، وكما أشرنا من قبل، فإن الأفراد

الرياضيين سوف ينتجون حمض لاكتيك لفترة طويلة قبل أن يصلوا بمستوى المجهود المبذول للمستوى الذى يتوافق مع الـ ١٠٠٪ الـVo2max .

فالسبب الأول أن الأفراد الرياضيون لن يكونوا قادرون على استهلاك الأكسجين عند معدله الأقصى إلا عندما تكون لديهم أكبر قدر محتمل من الاستثارة فى ميكانزمات كلا من الجهاز الدورى والتنفسى والعضلى، والتى تشارك فى توزيع الأكسجين واستهلاكه، وعاده ما لا يحدث ذلك حتى مرور من ١-٢ دقيقة من السباق حتى يحدث تراكم لحمض اللاكتيك فى الدم والعضلات (**سيرس وآخرون** (١٩٨٨م) ,.SERRESSE, et al).

والسبب الثانى هو أن معدل المجهود المبذول يتطلب استثارة ردود أفعال الجهازين الدورى والعضلى والتى تنتج فى حالة المعدل الأقصى لاستهلاك الأكسجين التى تتطلب طاقة أكبر من تلك التى يمكن التزود بها بالأكسدة فقط. ومع ذلك، فإن هذه المعدلات ينتج عنها عجز فى الأكسجين مما يجعل حمض اللاكتيك يتراكم فى العضلات.

مميزات زيادة الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين:

Advantage of Increasing Vo_2max:

يمكن لمعظم الرياضيين المحافظة على السرعات التى تتطلب أقصى استهلاك للأكسجين لفترة من (١-٣ق) فقط من المجهود المستمر قبل أن تبطئ سرعتهم قسريا بسبب التعب (**هيل، روول** (١٩٩٧م) HILL & ROWELL)، أما فى السباقات الطويلة وأداء المجموعات التدريبية الطويلة، فيجب على الرياضيين أن يختاروا السرعات التى تتطلب معدلات أقل من الأقصى من استهلاك الأكسجين للدرجة التى لا يتراكم معها مقادير كبيرة من حمض اللاكتيك فى عضلاتهم مبكرا جدا، ومثال لذلك، فإن معظم العداءين يمكنهم إتمام أداء الماراثون (٤٢ كيلومتر أو ٢٦.٢ ميل)، إذا ما استخدموا سرعة ما بين ٧٥٪-٨٠٪ من أقصى قدرة لديهم لاستهلاك الأكسجين، فكلما زادت قدرة

الفرد على استخدام نسبة أكبر من الـVo_2max فى مثل هذه السباقات كان أدائه أفضل، فالفرد الرياضى الذى يستطيع التدريب باستخدام ٨٥٪-٩٠٪ من الـVo_2max دون الوصول للتعب فسيكون لدية القدرة على الجرى لمسافات أطول وعند مدى سرعة أسرع.

ولاشك أن قدره السباح على أداء المنافسة عند نسبة مئوية أكبر من الـVo_2max تعتبر ميزة فى السباقات القصيرة، وكذلك فى سباقات المسافات المتوسطة والمسافة، فإذا افترضنا أن هناك اثنين من الرياضيين متماثلان Identical فى القدرة القصوى لاستهلاك الأكسجين ولكن يختلفا فى قدرة كل منهما على الأداء دون الوصول للتعب، فأحدهما لدية القدرة على الأداء عند مستوى ٨٥٪ من الـVo_2max دون الوصول للتعب بينما الآخر تنحصر قدرته عند مستوى ٨٠٪، وهنا يمكنا أن نقول أن الفرد الذى يستطيع أن يسبح بالقرب من الـ١٠٠٪ من الـVo_2max سوف ينتج حمض لاكتيك أقل عند السباحة بسرعة السباق، وكذلك ستكون لدية القدرة على المحافظة على هذه السرعة لفترة أطول بالمقارنة بالأخر.

فإذا كان السباحان متماثلان فى كفاءة أداء السباحة، فإن السباح الأول "أ" ستكون لدية ميزة واضحة فى أى سباق وهى أن الأكسجين المطلوب للأداء هو ٤٨ ملى لتر/كيلو جرام/دقيقة أو أكثر، لأن هذا السباح يمكنه تحرير المزيد من الطاقة خلال عملية التمثيل الهوائى، ولذا يمكن أن نقول أن لدية القدرة على المحافظة على سرعة السباق دون حدوث التعب.

إن نتائج العديد من الدراسات أشارت إلى أن القدرة على استخدام نسبة مئوية أكبر من الـVo_2max ترتبط بعلاقة دالة (قوية) بمستوى الأداء فى سباقات المسافات المتوسطة والمسافة، وحتى فى السباقات الأقصر من الـ١٠٠م، وفى دراسة أجراها **سجودين** (١٩٨٢م) SJODIN على العداءين، أشارت نتائجها إلى وجود علاقة دالة بلغت ٠,٨٦ عند عدو مسافة ٤٠٠م بين النسبة المئوية المستخدمة

من الـVo_2max ومستوى أداء هذه المسافة، وهذه المسافة (٤٠٠م عدو) تتوافق مع مسافة الـ١٠٠م سباحة، فعدو الـ٤٠٠م تتطلب ٤٤-٦٠ث لدى معظم العداءين، وهذا الزمن تقريباً هو المطلوب لأداء سباقات الـ١٠٠م، والعلاقة بين الـVo_2max والأداء كانت ٠,٩٠ لعدو مسافة الـ١٠٠٠م والتى تتطلب تقريباً نفس الزمن الذى يحتاجه السباحون لأداء مسافة سباق الـ٢٠٠م.

وكما ذكرنا من قبل، فإن التدريب يمكن أن يحسن من النسبة المئوية لأقصى استهلاك للأكسجين بمقدار ٢٠٪-٣٠٪ دون أن يصل الفرد إلى التعب، ويعتقد البعض أن النسبة المئوية المستخدمة من الأكسجين وأقصى استهلاك للأكسجين يقتربا كثيراً جداً من بعضهما، فهما مترابطان بحيث لا نستطيع اعتبار كل منهما ظاهرة فسيولوجية منفصلة، بمعنى أخر، ففى حالة زيادة النسبة المئوية المستخدمة من الـVo_2max ، فإن هذه الزيادة لا يمكن أن تحدث دون أن يلازمها **Concomitant** زيادة فى أقصى استهلاك للأكسجين (**سالتين** SALTIN (١٩٧٣م)). ومع ذلك، فإن الدراسة التى أجراها **هورلى وزملائه** (١٩٨٤م) **HURLEY & Associates** أشارت إلى أن النسبة المئوية للـVo_2max يمكن أن تزيد دون زيادة مماثلة فى الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين، حيث أن زيادة التدريب أدت إلى زيادة إنتاج حمض اللاكتيك بالدم عند ٢,٥ ملى مول/لتر فى حين لم يحدث الوصول إلى أقصى استهلاك للأكسجين، حيث كانت شدة التمرين قبل التدريب تعادل ٦٥٪ من الحد الأقصى لاستهلاك الأكسجين ونتج عنها تركيز لاكتيك بالدم مقداره ٢,٥ملى مول/لتر، وبعد التدريب، فإن شدة التمرين التى تتطلب إنتاج نفس مقدار تركيز اللاكتيك بالدم كانت عند نسبة ٧٥٪ من الـVo_2max .

وتوضح هذه النتائج أن النسبة المئوية من أقصى استهلاك للأكسجين التى يمكن للفرد استخدامها أثناء التمرين يمكن تحسنها بشكل مستقل عن تنمية الـVo_2max ، والمبرر الرئيسى لتحسن النسبة المئوية للـVo_2max دون أن

يلازمها زيادة فى اقصى استهلاك للأكسجين تكون عندما تبدأ معدلات حمض اللاكتيك فى الانتقال من العضلات والدم بعد التدريب، فإذا كان معدل هذا الانتقال لحمض اللاكتيك أسرع بعد التدريب، فإن الفرد الرياضى يمكنه أداء المجهود قرب الحد الأقصى للـVo_2max دون تكون الأحماض، وفى حالة عدم حدوث تغير فى الـVo_2max، فإن إنتاج المزيد من حمض اللاكتيك فى العضلات يتطلب المزيد من المجهود، ولكن إذا كان حمض اللاكتيك قد بدأ فى الانتقال من العضلات بصورة أسرع، فإنه لن يبقى فى العضلات حيث يسبب التعب، ولذا، فإن التدريب الذى يزيد من معدل حمض اللاكتيك المنتقل من العضلات قد يكون ذو قيمة محدودة، وتزداد هذه القيمة إذا كان الغرض من التمرين تنمية التحمل الذى يزيد من اقصى استهلاك للأكسجين، وفيما يلى مقارنة النسبة المئوية لاستهلاك الأكسجين بين اثنين من السباحين مع اختلافهما فى مقدار الـVo_2max فى الدقيقة.

<u>السباح (أ):</u> الـVo_2max = ٦٠ مليلتر/كيلوجرام/دقيقة.

هذا السباح يمكنه السباحة عند مستوى ٩٢٪ من الحد الأقصى بدون حدوث تعب، ومع ذلك، يمكنه استهلاك أكسجين عند معدل ٥٥,٢ مللیلتر/کیلوجرام/دقيقة.

٦٠ × ٠,٩٢ = ٥٥,٢

<u>السباح (ب):</u> الـVo_2max = ٦٥ مللیلتر/کیلوجرام/دقيقة.

فهذا السباح يمكنه السباحة عند مستوى ٧٥٪ من الحد الأقصى دون حدوث تعب، ومع ذلك، يمكنه استهلاك أكسجين عند معدل ٤٨,٧٥ مللیلتر/کیلوجرام/دقيقة.

٦٥ × ٠,٧٥ = ٤٨,٧٥

تحديد العتبة الفارقة اللاهوائية:

Determining the Anaerobic Threshold:

إن أعلى نسبة مئوية لأقصى استهلاك للأكسجين والتى يستطيع الفرد المحافظة عليها لفترة طويلة دون حدوث التعب اصطلح على تسميتها بالعتبة الفارقة اللاهوائية، والمصطلح الأكثر دقة هو عتبة التهوية اللاهوائية Respiratory Anaerobic Threshold، ولتحديدها فإن استهلاك الأكسجين يجب أن يقاس أثناء التمرين، ولاشك أن هذا القياس أثناء التمرين شيئ معقد وإجراءاته صعبة، ووفقاً لذلك، فإن **مادر وهيك وهولمان** (١٩٧٦م) MADER, HECK & HOLLMANN طوروا طريقة أخرى لتحديد العتبة الفارقة حيث قاموا بقياس عينات من الدم لمعرفة محتواها من حمض اللاكتيك بعد أداء مجهود بشدات مختلفة وقد استخدمت هذه الطريقة كثيراً مع الرياضيين بعدما أثبتت دقتها.

الفكر الجديد عن الدين الأكسجينى:

New Thought on the Oxygen Debt:

عُرف مصطلح الدين الأكسجينى على يد هيل A.V. HILL وهو العالم الحائز على جائزة نوبل، وأصبح لفترة ما مفهوماً شائعاً فى فسيولوجيا الرياضة، فعرف الدين الأكسجينى بأنه "الأكسجين الإضافى المستهلك بعد التمرين الرياضى فوق المستوى الطبيعى الذى يستهلكه الفرد فى حالة الراحة، وكان تفسير الدين الاكسجينى بأنه يحدث عندما يكون المطلوب من الأكسجين – وخاصة خلال فترة التمرين – قد جاوز الحجم من الأكسجين الذى يمكن للفرد الرياضى أن يستهلكه أثناء أداء التمرين الرياضى، ومع ذلك، فمن المعروف أن الفرد الرياضى يكون تنفسه أسرع وأعمق لفترة زمنية قصيرة بعد الانتهاء من التمرين وذلك للحصول على الأكسجين الإضافى الذى يحتاجه جسم الفرد الرياضى ولم يتمكن من الحصول عليه أثناء أداء التمرين.

وكان الاعتقاد أن الأكسجين الإضافى يعوض عجز الأكسجين الناتج عن عملية التمثيل اللاهوائى للطاقة أثناء أداء التمرين الرياضى، والمثال الذى أشرنا إليه من قبل يوضح مفهوم الدين الأكسجينى الزائد والذى يستهلك أثناء فترة الاستشفاء التى تلى التمرين مباشرة.

وعلى الرغم من تفسير العلماء لعمق وسرعة التنفس الذى يحدث أثناء فترة الاستشفاء، إلا أن البعض يشير إلى أن المقادير الإضافية من الأكسجين المستهلك أثناء هذه الفترة لا تعادل العجز فى الأكسجين، حيث أنه بشكل عام سيكون أكبر من عجز الأكسجين المحسوب لأن تمثيل حمض اللاكتيك بعد التمرين يتطلب المزيد من الطاقة بالمقارنة بما هو مطلوب لإنتاجه بعد التمرين (**فاندوال، بيرز، مونود** (١٩٨٧م VAND WALLE, PERES & MONOD)، وقد أظهرت العديد من الدراسات أن الدين الأكسجينى يكون اكبر من العجز الأكسجينى بمقدار ٥٠٪-١٠٠٪ (**بانجسبو وآخرون** ١٩٩٠م .BANGSBO, et al)، (**هوجسون** (١٩٨٤م) HUGHSON)، **بورز وآخرون** (١٩٨٧م) .POWERS, et al)، (**روز وآخرون** (١٩٨٨م) ,.ROSE, et al).

لذا، نفهم من ذلك أن زيادة استهلاك الأكسجين بعد التمرين لا يكافئ بشكل كلى الدين الأكسجينى الحادث أثناء التمرين، ولهذا السبب يقترح العلماء مصطلحات أخرى للأكسجين الإضافى المستهلك خلال فترة الاستشفاء، ومن هذه المصطلحات استهلاك الأكسجين الزائد بعد التمرين Excess Post-Exercise Oxygen Consumption(EPOC)، وكذلك مصطلح "الأكسجين المستهلك فى الاستشفاء" Recovery Oxygen up Take وهذا المصطلح يميل ماجلشو (٢٠٠٣م) لاستخدامه. وحول هذه النقطة، فإن العلماء لم يقدموا لنا تفسيراً واضحاً شاملاً عن دور الأكسجين الإضافى المستنشق أثناء فترة الاستشفاء فى عملية تمثيل الطاقة، ومع ذلك، فهناك تفسيرات عديدة مقبولة ظهرت نعرض لبعضها فيما يلى:

إن الأكسجين المأخوذ فى الاستشفاء له مكونات سريعة وأخرى بطيئة حيث أن نصف إجمالى مقدار الأكسجين المستهلك تقريباً أثناء الاستشفاء يستهلك خلال ٣٠ث-٣ق من انتهاء التمرين، وهذا يعتمد على الفترة الزمنية للتمرين وشدته، وقد أصطلح على تسمية هذا الجزء بالمكون السريع Fast Component، واعتقد فى فترة ما أن المكون السريع يمثل حجم الأكسجين المطلوب لاستعادة تكون الـATP-CP الذى نضب خلال التمرين. ومع ذلك، اثبت **بانجسبو وزملائه** (١٩٩٠م) BANGSBO & Coworkers أن ما ينسب لهذه العمليات لا يزيد عن ٢٠٪ من الجزء السريع من الأكسجين المستهلك فى فترة الاستشفاء، أما عن الجزء المتبقى من الأكسجين المستهلك فى الاستشفاء فقد أقتُرِحت ميكانزمات اخرى، ومنها انه يوضح أن الأكسجين اللازم لتحرير المقدار المخزون فى ميتاكوندريا العضلات وهيموجلوبين الدم قبل التمرين، وأخر يشير إلى أن رد الفعل الطبيعى للجهاز التنفسى للتمرين هو أن معدل التنفس سوف يستمر فى الارتفاع حتى ينتج ثانى أكسيد كربون إضافى أثناء التمرين والذى ينقل إلى خارج جسم الفرد.

أما المكون (الجزء) البطيء لاستهلاك الأكسجين فى الاستشفاء يرجع إلى الارتفاع البسيط فى معدل التنفس والذى يمكن أن يستمر للعديد من الدقائق، وقد تناولت العديد من التفسيرات هذه الظاهرة أيضاً، ومنها أن ذلك قد يرجع إلى زيادة الحاجة للأكسجين الإضافى المحتمل استخدامه فى عملية التمثيل لحمض اللاكتيك الناتج أثناء التمرين، ومنها أيضاً أن الزيادة فى درجة حرارة الجسم هى التى تحافظ على معدل التنفس مرتفعاً، فدرجة حرارة الجسم تزداد أثناء التمرين الشديد ولا تعود لمستواها الطبيعى لبعض الوقت فيما بعد، فمعدل تنفس الشخص قد يبقى مرتفعاً حتى تعود درجة حرارة الجسم لحالتها الطبيعية، وهناك تفسير أخر يشير إلى أن هذا يحدث مع إفراز الهرمونات حيث يسبب التمرين الشديد زيادة كبيرة فى إفراز الهرمونات وخاصة هرمونى الأبنوفرين والنورابنوفرين (الأدرينالين والنورادرينالين) أثناء التمرين،

وربما يبقى معدل التنفس مرتفعاً حتى يعود تركيز هذه الهرمونات بالدم إلى مستواها الطبيعي.

التنفس الثاني وآلام الجانب Second Wind and Stitch in the Side:

أولاً: التنفس الثاني:

إن الشعور بالراحة التي تحدث أثناء التمرين المستمر تعرف بالتنفس الثاني، وفي حالة تعود الفرد عليه، فإن التنفس المجهد الغير طبيعي يصبح سهلاً، وكذلك العمل المجهد المؤلم يصبح مقبولاً ويمكن تحمله، ولم يتوفر حتى الأن تفسير دقيق Definitive Explanation لهذه الظاهرة، ولكن التفسير التالي قد يكون مقبولاً، حيث أن شعور الفرد الرياضي بالألم أثناء المراحل المبكرة من التمرين قد يصاحبه زيادة مؤقتة Temporary في معدل التمثيل اللاهوائي، وتستمر هذه الحالة حتى يزيد استهلاك الأكسجين وبالتالي تزداد النسبة المئوية من الطاقة اللازمة لإتمام المجهود المبذول وذلك عن طريق زيادة نشاط عملية التمثيل الهوائي للطاقة، ومع حدوث ذلك، فإن معدل التمثيل اللاهوائي يقل ويبطء ويبدأ الفرد الرياضي في الشعور بنفس قدر عبء المجهود.

وحقيقة أن التنفس الثاني يحدث فقط أثناء أداء مجهود التحمل لاقت بعض التأييد، هذا بالإضافة إلى أن الفرد الرياضي بشكل عام يكتشف الإحساس بالتنفس الثاني فقط عند تنفيذ برنامج التدريب بعد التوقف عن التمرين لفترة طويلة Long Layoff، فالفرد الرياضي المتدرب جيداً نادراً Rarely ما يكتشف هذه الظاهرة، وربما يكون ذلك نتيجة كفاءة الجهازين الدوري والتنفسي اللذان يتكيفا بسرعة أكبر مع المجهود المبذول.

ثانياً: آلام الجانب Stitch in the Side:

في بعض الأحيان يشعر الفرد الرياضي أثناء التمرين بألم حاد في جانبه، أسفل الرئتين، وعُرفَ ذلك بأنه آلم الجانب، ولا يوجد دليل علمي مناسب لتفسير أسباب هذه الآلام، والفكرة الشائعة عند الكثيرين أن هذه الآلام

تحدث نتيجة نقص وقتى Temporary Lack فى الأكسجين والذى يؤثر بالتالى على الحجاب الحاجز Diaphragm أو يؤثر على العضلات التى بين الضلوع Inter coastal muscles (عضلات التنفس) أثناء أداء مجهود التحمل ويعتقد بعض العلماء أن العجز الأكسجينى Oxygen Deficiency يحدث نتيجة أن الجهازين الدورى والتنفسى لا يمكنهما أن يتكيفا بسرعة كافية للاستجابة لمتطلبات الأكسجين أثناء التمرين، وكما هو فى التنفس الثانى، فإن آلم الجانب عادة ما يحدث للرياضيين أصحاب التكيفات الفسيولوجية الضعيفة، ولا تحدث هذه الحالة لفترة طويلة بعد ذلك إذا ما تدرب الفرد الرياضى جيداً وتحسنت حالته التكيفية، وكما هو أيضاً فى التنفس الثانى، فإنه من المحتمل أن ألم الجانب لا يظهر لأن التدريب يزيد من معدل التكيف للجهازين الدورى والتنفسى.

هل تمرينات التنفس العميق تحسن الأداء؟

Do Deep-Breathing Exercises improve Performance?

إن عملية الشهيق والزفير تمد الجسم بالأكسجين وتطرد ثانى أكسيد الكربون، لذا، فإن عملية التنفس هامة إلى حد بعيد فى التدريب (التمرين) الرياضى، وعلى الرغم من ذلك، فإن الرياضيون والمدربون لا يحتاجون لاستخدام تمرينات التنفس العميق الخاصة لتنمية عملية تبادل الهواء، وتحدث التكيفات التى تحسن من وظيفة التنفس أثناء أداء سباقات التحمل والسرعة نتيجة العمليات التدريبية الأخرى التى يشارك فيها الفرد الرياضى، فالتدريب الخاص بعملية التنفس لن يحسنها إلى حد بعيد، هذا بالإضافة إلى أن الجهاز التنفسى لا يقيد عملية تبادل الأكسجين وثانى أكسيد الكربون أثناء التمرين الرياضى. حتى فى حالة الرياضيون ذوى المستوى المتوسط، فإن الأكسجين المتوفر بالدم سيكون كبيراً وأزيد مما يمكنه حمله، والدليل على ذلك هو أن مقدار كبير من الأكسجين الموجود داخل الرئتين يخرج مع الهواء أثناء عملية الزفير، وهناك العديد من العوامل التى تحد من قدرة

الفرد الرياضى على استهلاك الأكسجين الموجود بالجهازين الدورى والعضلى، وليس الجهاز التنفسى، ووفقاً لذلك، فإن أداء تمرينات التنفس العميق بغرض زيادة حجم الأكسجين الواصل للجهاز الدورى والعضلى ليس بالشئ الواقعى، وعلى الرغم من ذلك، فإن العديد من الرياضيون يتدربون على تمرينات التنفس العميق، ويجب أن نعلم أيضاً أن مثل هذه التمرينات لن تحسن من السعة الحيوية Vital capacity لدى الفرد الرياضى.

دور الهرمونات فى التدريب والمنافسة:

Role of Hormones in Training and Competition:

نحن نعلم جميعاً أن الهرمونات هى مركبات (مواد) كيميائية تنتجها الغدد الصماء وتصب إفرازاتها مباشرة فى مجرى الدم دون قنوات توصيل، فالهرمونات التى تنتجها هذه الغدد تصب Pour داخل الدم وتنقل خلال الجسم إلى مواقع الأنسجة المُستقبلة، حيث تؤدى العديد من العمليات، وتحتوى الخلايا ما بين ٢٠٠٠-١٠٠٠٠ موقع مستقبل، حيث يمكن لهرمونات خاصة أن تؤثر عليها وتؤدى وظائفها ، ويجب على المدربون والرياضيون أن يهتموا بالوظائف المرتبطة بما يلى:

١-الهرمونات التى تعزز من التزود بالطاقة أثناء التمرين الرياضى.

٢-استعادة تكوين الطاقة خلال فترة الاستشفاء.

إن الهرمونات لا تصب فى الدم بمعدل ثابت، فهى تتحرر عندما يكون هناك استثارة، ويلعب الجهاز العصبى اللاإرادى Autonomic nervous system دوراً كبيراً فى تنظيم عملية إفراز الهرمونات، وهذا الجهاز العصبى اللاإرادى له جزأين يعرفا باسم الجهاز العصبى السمبثاوى والباراسمبثاوى Sympathetic and Parasympathetic Nervous System، فالجهاز السمبثاوى ينظم عملية تمثيل الطاقة المطلوبة للتمرين الرياضى خلال ما يعرف برد فعل الهجوم أو الدفاع Fight-or-Flight Reaction، أما الجهاز

العصبى الباراسمبثاوى فإنه يسيطر على استعادة Replacement الطاقة أثناء فترة الاستشفاء والجدول التالى يوضح معظم الهرمونات المعروفة ووظائفها.

جدول (٥)

الهرمونات ووظائفها

المصدر	الهرمون	الوظيفة
★ البنكرياس	☆ الأنسولين. ☆ الجلوكاجون. ☆ سوماتوستاتين	تنبيه الجلوكوز والأحماض الدهنية الحرة لاستهلاكها عن طريق الخلايا تحرير الجلوكوز من الكبد، وكذلك يساعد فى تكوين الجليكوجين من البروتين فى الكبد. تقليل إفراز الأنسولين والجلوكاجون.
★ غدة الادرينالين	☆ الإنبى نفرين (الادرينالين).	تنبيه تكسير جليكوجين العضلة والتراى جلسرايد وكذلك استثارة معدل نبض القلب، وتوصيل الإشارة العصبية، والانقباض العضلى.
★ النخاع Medulla	☆ النورابنوفرين (النورادرينالين)	تحفيز معدل نبض القلب وتدفق الدم عن طريق رفع ضغط الدم وتحفيز تحرر الأحماض الدهنية الحرة من الأنسجة الدهنية.
★ القشرة Cortex	☆ الكورتيزول.	تنبيه تحرر الأحماض الأمينية من العضلات والأحماض الدهنية الحرة فى النسيج الدهنى.
	☆ الدوسترون	تنظيم الاحتفاظ بالصوديوم وبالتالى التوازن المائى والتحلل الكهربى
★ الغدة النخامية الجزء الداخلى	☆ هرمون النمو ☆ هرمون الاستثارة الدرقى ☆ هرمون ACTH (الادرينوكورتيكوتروبين) ☆ هرمون استثارة الحوصلة (FSH) ☆ هرمون اللوتبنج (LH)	تنبيه بناء الأنسجة وتمثيل الدهون. الحكم فى مقدار الثيروكسين المنتج والمتحرر من الغدة الدرقية تنبيه تحرر هرمونات الأدرينالين. المساعدة فى نمو التجويفات فى المبيضين وتعزيز إفراز الاستروجين من المبايض (لدى الإناث). تعزيز إفراز الاستروجين والبروجسترون، ويجعل التجويفات فى المبايض تطلق البويضات (لدى الإناث).
الجزء الخارجى	☆ هرمون أنتيديورتك Antidiuretie (ADH)	تنبيه احتباس الماء وتقليل البول الخارج.

تابع جدول (٥) الهرمونات ووظائفها

المصدر	الهرمون	الوظيفة
الغدة الدرقية	☆ الثيروكسين	زيادة تمثيل الخلايا التى تزيد من استهلاك الأكسجين، وتكسير الدهون والجليكوجين وتجديد الأنسجة.
	☆ كالسيتونين Calcitonin	التحكم فى تركيز الكالسيوم فى الدم.
الغدة الجاردرقية	☆ الباراثورمون Parathormone	تنبيه نمو العظام من خلال تأثيره على الكالسيوم، وكذلك هو المسئول عند تنمية قوة الأسنان.
غدة التناسل Gonads	☆ التستسترون.	تنبيه بناء الأنسجة وتجددها.
	☆ الاستروجين.	تعزيز تنمية الأعضاء التناسلية عند الإناث، وتعزيز زيادة الدهون المخزونة، كما يساعد فى تنظيم الدورة الشهرية menstrual cycle لدى البالغات.
	☆ البروجسترون	المساعدة فى تنظيم الدورة الشهرية لدى البالغات من الإناث.

إن نظام التغذية الراجعة العكسية تنظيم عملية إفراز الهرمونات، وخاصة التى تحدث تغيرات خاصة فى الجسم، حيث تمنع فى صورة عكسية إفراز هذا الهرمون، ومثال لذلك، فعندما يرتفع تركيز الجلوكوز فى الدم عن مستواه الطبيعى، فإن البنكرياس سوف يحرر الأنسولين. والأنسولين يزيد من حركة الجلوكوز للخارج إلى الدم ويدخل خلايا الجسم، وعندما يترك الجلوكوز الدم ويدخل الخلايا، فإن الجلوكوز بالدم ينخفض مستواه، وبالتالى يمنع تحرر المزيد من الأنسولين، وعندما يزيد مستوى الجلوكوز بالدم مرة أخرى، فإن إفراز الأنسولين يزيد وتبدأ هذه العملية مرة أخرى.

الاستجابات الهورمونية أثناء التمرين الرياضى:

Hormonal Responses During Exercise:

تلعب الهرمونات دوراً هاماً فى تزويد العضلات والأعصاب بالطاقة، كما أنها ترتبط أيضاً باستعادة تكوين هذه الطاقة، هذا بالإضافة إلى أنها تلعب دوراً فى تجديد وبناء الأنسجة، وفيما يلى نعرض لبعض الوظائف الهامة التى تؤديها الهرمونات فى الأداء الرياضى.



لاشك أن مجهود التحمل يزيد من استخدام العضلات للجلوكوز، وهناك بعض الهرمونات لتسهل من عملية استخدام واستعادة الجلوكوز بالعضلات، فالزيادة فى إفراز هرمون الجلوكاجون يسهل من حركة الجلوكوز من الكبد إلى الدم، الذى يحمله إلى العضلات العاملة، وهرمونات الابنوفرين والنورابنوفرين هما أيضاً يفرزا بكميات إضافية، فهما تساعدا فى حركة جلوكوز الكبد للدم، وإفراز هرمون آخر، وهو هرمون الكورتيزول يسهل من عملية تحويل جليكوجين الكبد إلى جلوكوز، وكما ذكرنا من قبل، فإن زيادة إفراز هرمون الأنسولين يرتبط بشكل مباشر بنقل جلوكوز الدم إلى داخل الألياف العضلية العاملة.

فهورمونات الكورتيزول والإبنوفرين والنورابنوفرين والنمو جميعاً تسهل أيضاً من عملية تحويل دهون التراى جلسريد المخزونة فى الكبد إلى أحماض دهنية حرة وجليسرول Glycerol التى يمكن للدم حملها للعضلات، وهناك فإن الأحماض الدهنية الحرة (FFA) يمكن استخدامها للحصول على الطاقة.

كما أن الهورمونات التى تعزز من غدة الادرينالين تنال الكثير من اهتمام المدربين والرياضيين، فالابنوفرين والنورابنوفرين يعرفا إجمالا بالكاتيوكولامين Catecholamines، ويستجيب هذين الهرمونين لميكانزم الـFight-or-Flight (الهجوم والدفاع)، فهما ينبها الجهاز الدورى حتى يستجيب بسرعة أكبر لحاجة الجسم للجلوكوز والأكسجين بعد بداية التمرين الرياضى، وفى الحقيقة، فإن هذه الظاهرة تعرف بالاستجابة المتوقعة Response Anticipatory فالاستجابات المتوقعة هامة لأنها تقلل من زمن الاستجابة للتكيفات الفسيولوجية المختلفة التى تسهل من تحرر الطاقة وإزالة التعب الناتج أثناء التمرين الرياضى. ويعتقد بعض العلماء أن تكرار الضغوط واستمرارها لفترة طويلة يمكن أن يضعف من استجابة الكاتيكولامين لهذه الضغوط مما يقلل من مستوى الأداء الرياضى.

وهورمون النمو Growth Hormone، والذى ينتج من الجزء الداخلى من الغدة الدرقية، فهو هورمون يعزز من نمو العضلات، والكمية المحررة منه أثناء التمرين البدنى تزيد، ويشير العلماء أن الطريقة التى يتفاعل بها هذا الهورمون لتحقيق استثارة النمو العضلى لم تستكمل عملية فهمها بعد، ويلاحظ أن بعض الرياضيون يتناولون بعض من هورمون النمو بغرض زيادة حجم أجسامهم وعضلاتهم وزيادة قدرتها وذلك عن طريق الحقن بهورمون النمو الاصطناعى، وقد يحقق ذلك التأثير المطلوب، ولكن هذا الهورمون الإضافى يمثل خطورة ويعتبر عمل غير أخلاقى unethical.

تأثير التدريب على الهورمونات Effects of Training on Hormones: (*)

يتمثل التأثير العام للتدريب الرياضى على الهورمونات فى تقليل معدل الإفراز الهورمونى أثناء التمرين الرياضى ولكن فى نفس الوقت تظل هذه الإفرازات لفترة زمنية أطول، وهذه التأثيرات الغير مباشرة تجعل التمرين الرياضى يستمر لفترة أطول مع تقليل عملية حدوث خلل فى إنتاج الطاقة، فمثلاً، التدريب الرياضى يقلل من معدل إفراز الأنسولين أثناء التمرين الرياضى، وهذا التغير يؤدى إلى المحافظة على مستوى جلوكوز الدم مرتفعاً لفترة أطول، كما يقلل من جليكوجين العضلة المستخدم أثناء التمرين، وفى المقابل، وعلى نفس القدر فالانخفاض الزائد فى إفراز هذا الهورمون يجعل تزود العضلات العاملة به بكمية أقل ولكن لفترة أطول، مما يسمح بتزويد العضلات بجلوكوز الدم لفترة أطول. وتفسير ذلك، أنه عندما يصبح الفرد الرياضى متدرباً بشكل جيد، فإن الجلوكاجون والكاتيكولامين والابنىنفرين والنورابنوفرين جميعها سوف تستجيب لأقل نشاط تقوم به العضلات، ووفقاً لذلك، فإن معدل استخدام الجليكوجين سوف يقل بينما معدل تمثيل الدهون سوف يزيد لدرجة أن التمرين التحملى المستخدم يمكن استمرار أدائه لفترة أطول قبل أن ينضب الجليكوجين من العضلات العاملة.

(*) لمزيد من المعلومات عن الهورمونات يراجع كتاب المؤلف فسيولوجية الرياضة وتدريب السباحة — الجزء الثانى — مركز الكتاب للنشر، القاهرة، ٢٠٠٢م.

الفصل الرابع

التغذيـــــة لسباحى المنافســــات

Nutrition for Competition Swimmers



الفصل الرابع

التغذية لسباحى المنافسات
Nutrition for Competition Swimmers

تعتبر التغذية الجيدة إحدى العوامل الهامة التى يمكن أن تجعل تحرر الطاقة سهلاً وميسراً وفقاً لاحتياجاتنا إليها، فالغذاء الذى نتناوله يُمدّ أجسامنا بالوقود حتى يحافظ على عمل أجهزته بصورة جيدة أثناء التمرين الرياضى، فجسم الإنسان مثل السيارة يجب أن يحصل على الوقود الكافى واللازم له حتى يمكنه تحقيق حركته، وهذا يتطلب أن يكون هذا الوقود محتوياً على أفضل المكونات المطلوبة حتى يمكن للمحرك فى السيارة الدوران بالفعالية المطلوبة قبل أن يتعثر ويتوقف ادائه، بمعنى آخر، فإن الرياضيين يحتاجون إلى الوقود الكافى حتى يمكنهم المحافظة على فعالية أداء أجهزة الجسم لوظائفها، وهذا الوقود يجب أن يكون ذو خصائص عالية الجودة حتى يكون أداء الجسم جيداً، ووفقاً لذلك، فالغذاء الجيد شئ أساسى لا يقل أهمية عن التدريب، فهو الذى يجعل التدريب مؤثراً.

وتمثل التغذية أحد العناصر الأساسية لحياة الإنسان، حيث يجب أن يتناول ما يكفيه من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات، إلى جانب العناصر الأساسية الأخرى اللازمة لنمو وتجديد الأنسجة، وتعتبر الكربوهيدرات والدهون هما المصدر الرئيسى الذى يمّد الجسم بالطاقة اللازمة للتدريب الرياضى، بينما تساعد البروتينات فى عمليات نمو وتجديد الأنسجة.

وتخزن الكربوهيدرات فى الخلايا العضلية وفى الكبد فى شكل جليكوجين، فالمطلوب من الطاقة فى جميع سباقات السباحة باستثناء سباق ١٥٠٠م تأخذ بسرعة عن طريق تكسير الجليكوجين فى الخلايا العضلية، لذا، فإنه "أى الجليكوجين" هو الذى يمّد العضلات بما تحتاجه من طاقة بنسبة ١٠٠٪ لتحقيق الانقباض العضلى أثناء المنافسات، ويساهم الكبد بكميات ضئيلة

من الجليكوجين والدهون، فأثناء التدريب وبصفة خاصة تدريب المسافات، فإن المخزون من الدهون يصبح هو المساهم الأول لمدّ الجسم بالطاقة، وقد تصل نسبة مساهمته فى هذه الحالة إلى ٣٠٪-٤٠٪ من إجمالى الطاقة التى تستهلك فى التدريب، وهذا بدوره يقلل من نضوب الجليكوجين من العضلات العاملة، ومع مرور الأيام يصبح ذلك متناسباً مع التدريب عند الشدات العالية.

ويجب ألا يفهم من ذلك، أن هناك حاجة ملحة للدهون كطاقة أثناء التدريب تجعلنا نهتم بزيادتها فى غذاء الرياضيين، فالدهون أساسية فى الغذاء ولكن بكميات صغيرة إلى حدّ كبير.

وهناك مخزون من الدهون بالجسم بشكل دائم فى شكل نسيج دهنى، ومع ذلك، فليس من الضرورى تناول قدر كبير من الدهون ضمن غذائنا اليومى، وكما ذكرنا، فالبروتينات هى مواد تعمل على تكوين النسيج العضلى، فهناك ٢٣ حمض أمينى معروف، منها ثمانية أحماض أساسية لا تصنع بالجسم، ويمكن الحصول عليها من خلال الطعام (كاورز، هونشر KAURSE & HUNSHER ١٩٧٢م) ويستطيع الجسم تمثيل الدهون للحصول على الطاقة عندما تكون المقادير اللازمة من الكربوهيدرات غير متوفرة.

ومن الملاحظ أن معظم الرياضيين يتناولون الوجبات الغذائية وفقاً لخصائص ثقافة المجتمع الذى يعيشون فيه، كما أن المتطلبات الغذائية عادة ما تختلف بين الأفراد داخل ثقافة المجتمع الواحد، ومن الملاحظ أن بعض المجتمعات المتطورة عادة ما يحتوى الغذاء النموذجى لديهم على دهون عالية، وفى المقابل تكون الكربوهيدرات منخفضة، فإذا نظرنا إلى الوجبات السريعة نجد أن معظم الفيتامينات والأملاح التى تحتويها تُفقد خلال إعدادها، ويعتقد بعض الرياضيين أن وجبه الغذاء الضعيفة يمكن تعويضها بتناول وجبات إضافية، كما أن هناك الإعلانات فى وسائل الإعلام المختلفة عن الأطعمة السوبر Super Foods التى يَدَّعى أصحابها أنها تعزز الأداء الرياضى، وفى ذلك الكثير من المبالغة، فهذه الأطعمة لا يمكن أن تكون البديل عن الأغذية

الطبيعية التى تساهم فى الأداء الرياضى بشكل فعال، ومن الأخطاء الشائعة لدى السباحين تناول القهوة بدلاً من الحبوب والعصائر فى طعام الإفطار.

الاحتياجات من السعرات الحرارية Calorie Needs :

تتطلب أنشطة الحياة اليومية الحصول على الطاقة، وتقاس كمية الطاقة التى نحتاج إليها فى مختلف أنشطتنا اليومية بالسعر الحرارى، وتزداد حاجة الفرد للسعرات الحرارية يوماً بعد يوم، حتى لو كنا فى فراش النوم، وهذا ما يسمى بمعدل التمثيل الأساسى Basal Metabolic Rate (BMR) وهذا المعدل يختلف من شخص لأخر، اعتماداً على حجم الجسم وتركيبة، فالأجسام الضخمة والأجسام ذات العضلات الكبيرة تتطلب عدد أكبر من السعرات الحرارية حتى يمكنها الحياة بالمقارنة بالأجسام الصغيرة أو تلك التى تحتوى على كميات أكبر من النسيج الدهنى، وتبلغ مقادير هذه السعرات الحرارية للمراهقين والبالغين الصغار من الذكور والإناث ٢١٠٠، ١٨٠٠ سعر حرارى يومياً على التوالى.

ويجب أن نعلم أن الأطفال يستهلكون سعرات حرارية أكبر بالمقارنة بالبالغين فى الحالة القاعدية (حالة التمثيل الغذائى الأساسى)، ولكن نظراً لصغر أجسام الأطفال، فإن الـ BMR (معدل التمثيل الأساسى) لديهم قليل، حيث يبلغ فى المتوسط من ١٦٠٠-١٧٠٠ سعر حرارى يومياً مع عدم وجود اختلاف بين الذكور والإناث فى هذه المرحلة السنية، والجدول التالى يوضح ملخصاً لهذه المعدلات.

جدول (٦)

متوسط معدل التمثيل الأساسى للبالغين الصغار والأطفال (BMR)

النوع	السعرات الحرارية
الذكور البالغين الصغار	٢١٠٠ سعر حرارى يومياً
الإناث	١٨٠٠ سعر حرارى يوميا
الأطفال	١٦٠٠-١٧٠٠ سعر حرارى يوميا

BMR = هو الحد الأدنى للسعرات المطلوبة للبقاء على الحياة.

ولاشك أنه فى حالة ممارسة الإنسان لبعض الأنشطة مثل التدريب الرياضى كالعدو والسباحة والمشى والدراجات، فإن ذلك يتطلب الطاقة الإضافية، أى يتطلب زيادة السعرات الحرارية اليومية المنفقة، وبالتالى زيادة المطلوب من الـBMR، وتعتمد هذه الزيادة على شدة وحجم المجهود المبذول أو النشاط الرياضى المستخدم، ويبلغ مقدار الزيادة فى الطاقة لمعظم الأفراد ما بين ٨٠٠-١٠٠٠ سعر حرارى يوميا. لذا، فسباحى المنافسات يمكنهم إضافة ٣٠٠-٥٠٠ سعر حرارى أخرى عن كل ساعة تدريبية، على اعتبار أن الطاقة المطلوبة لتدريب السباحة تنحصر ما بين ٦-١٠ سعر حرارى كل دقيقة، والجدول التالى يوضح قائمة تقريبية للسعرات الحرارية المنفقة للسباحين الذكور والإناث للمجموعات العمرية المختلفة.

جدول (٧)
السعرات الحرارية المنفقة للسباحين الأطفال والمراهقين والبالغين من الجنسين

النوع ومتوسط العمر	السعرات الحرارية المطلوبة قبل التدريب (سعر/يوم)	الزيادة المحتملة مع التدريب وفقا لزمن الوحدة التدريبية		
		ساعة تدريب يوميا	ساعتين تدريب يوميا	٤ ساعات يوميا
* الذكور:				
أقل من ١٠ سنوات	١٨٠٠-٢٠٠٠	٢١٠٠-٢٥٠٠	-	-
١١-١٢ سنة	٢٠٠٠-٢٢٠٠	٢٣٠٠-٢٧٠٠	٢٦٠٠٠-٣٠٠٠	-
١٣-١٤ سنة	٢٢٠٠-٢٤٠٠	٢٨٠٠-٣٢٠٠	٣١٠٠-٣٦٠٠	٣٦٠٠-٤٣٠٠
١٥-١٨ سنة	٢٦٠٠-٣٠٠٠	٣٠٠٠-٣٥٠٠	٣٤٠٠-٣٨٠٠	٣٨٠٠-٥٠٠٠
١٨-٢٥ سنة	٢٧٠٠-٣٢٠٠	٣٠٠٠-٣٦٠٠	٣٤٠٠-٤٠٠٠	٤٠٠٠-٥٤٠٠
٣٠-٤٠ سنة	٢٤٠٠-٢٦٠٠	٢٧٠٠-٣١٠٠	٣٠٠٠-٣٦٠٠	-
٤٠-٥٠ سنة	٢٣٠٠-٢٥٠٠	٢٦٠٠-٣٠٠٠	٢٩٠٠-٣٥٠٠	-
٥٠-٧٠ سنة	٢٢٠٠-٢٤٠٠	٢٥٠٠-٢٨٠٠	٢٨٠٠-٣٢٠٠	-
* الإناث:				
أقل من ١٠ سنوات	٢١٠٠-٢٣٠٠	٢٤٠٠-٢٦٠٠	-	-
١١-١٢ سنة	٢٢٠٠-٢٤٠٠	٢٥٠٠-٢٨٠٠	٢٧٠٠-٣٠٠٠	-
١٣-١٤ سنة	٢٣٠٠-٢٥٠٠	٢٦٠٠-٢٩٠٠	٢٩٠٠-٣١٠٠	٣٥٠٠-٤٢٠٠
١٥-١٨ سنة	٢٣٠٠-٢٥٠٠	٢٦٠٠-٢٩٠٠	٢٩٠٠-٣١٠٠	٣٥٠٠-٤٢٠٠
١٨-٢٥ سنة	٢٢٠٠-٢٤٠٠	٢٥٠٠-٢٨٠٠	٢٨٠٠-٣٢٠٠	٣٤٠٠-٤٠٠٠
٢٦-٤٠ سنة	٢١٠٠-٢٣٠٠	٢٤٠٠-٢٧٠٠	٢٧٠٠-٣١٠٠	-
٤٠-٥٠ سنة	٢٠٠٠-٢٢٠٠	٢٢٠٠-٢٦٠٠	٢٥٠٠-٣٠٠٠	-
٥٠-٧٠ سنة	١٩٠٠-٢١٠٠	٢١٠٠-٢٥٠٠	٢٣٠٠-٢٨٠٠	-



يجب أن نلاحظ أن السعرات الحرارية فى هذا الجدول قُدِّرَت وفق متوسط حجم الجسم لسباحى المجموعات العمرية المختلفة، فالأطفال الذين لديهم أحجام من الجسم أكبر كثيراً أو أصغر كثيراً عن هذا المدى المتوسط قد يحتاجون لسعرات حرارية مختلفة إلى حَد ما، وينطبق ذلك أيضاً على السباحين أصحاب النسيج العضلى الكبير أو القليل، أو هؤلاء الذى لديهم حالات مزاجية متطرفة مثل القلق الزائد أو الهدوء الزائد. ووفقاً لذلك، فإن هذه السعرات الحرارية بالجدول السابق تعتبر نقطة البداية لتقدير السعرات الحرارية التى ينفقها السباحون الذكور والإناث من الفئات العمرية المختلفة.

فإذا كانت السعرات الحرارية التى يستهلكها السباح متوازنة مع السعرات الحرارية التى يتناولها فلن تحدث زيادة أو نقص فى وزن السباح، وهذا لا ينطبق على الأطفال والمراهقين حيث يكون النمو سريعاً - حيث من المتوقع حدوث زيادة فى الوزن - كما أنه ليس هناك سبب للانزعاج عندما يحدث فقْد للوزن فى بداية الموسم التدريبى، لأن معظم الرياضيون يكتسبون بعض النسيج الدهنى أثناء فترة التوقف Lay-off عن التدريب بعد انتهاء الموسم التدريبى السابق.

وللتخلص من الدهن الزائد، فإن السباحون يجب أن يحافظوا على التوازن اليومى بين السعرات الحرارية المتناولة (الطعام) والسعرات الحرارية المستهلكة (التمرين البدنى) حتى لا تتراكم أى دهون إضافية، مما يحافظ على الطاقة اللازمة للتدريب، ولا تحدث زيادة فى الوزن.

وعندما يحدث نقص فى الوزن فى نهاية الموسم، فلابد من تناول المزيد من السعرات الحرارية، وإذا حدثت زيادة فى الوزن خلال الموسم - ليس نتيجة النمو - فإن هذا يشير إلى أن السعرات الحرارية التى يتناولها الفرد يومياً عالية جداً، مما يتطلب تقليلها، وهذا يتطلب تقليل الغذاء الذى يتناوله السباحون وخاصة الأغذية ذات السعرات الحرارية العالية.



إن عدد السعرات الحرارية المطلوبة لتحقيق التوازن بين المتناول منها والمستهلك يختلف وفقاً لحجم وشدة التدريب، وكذلك يرجع إلى معدل التمثيل الغذائى الموروث لكل سباح Inherited، وعملية تثبيت السعرات الحرارية اليومية المطلوبة يصعب تحقيقها، ولكن يمكن تقديرها من خلال معرفة معدل السعرات اليومى المطلوبة لكل فرد وفقاً للمرحلة العمرية (أطفال – مراهقين – بالغين) لكل من الجنسين قبل التدريب، وكذلك متطلبات التدريب من السعرات الحرارية التى تزيد ما بين ٥٠٠-١٠٠٠ سعر عن كل ساعة تدريب بالمقارنة بحالة الراحة، وذلك وفقاً لحجم الجسم والجهد المبذول فى التدريب، فالأجسام الأكبر والمجهود الشديد يتطلبا المزيد من السعرات، كما أن السباحين ذو الكفاءة العالية ينفقون سعرات حرارية اقل من السباحين الأقل كفاءة عندما يسبحون نفس المسافة ونفس السرعة.

ويرى بعض خبراء التغذية أن جسم الفرد العادى يحتاج إلى ٢٠-٢٥ سعر حرارى لكل كيلو جرام من الوزن المثالى، فمثلاً الشخص الذى طوله ١٧٥سم ووزنه المثالى ٧٥كجم يحتاج إلى ١٥٠٠-١٨٧٥ سعر يومياً، والجدول التالى يوضح قائمة ببعض الأغذية والسعرات الحرارية التى تحتويها.

جدول (٨)
الأغذية وسعراتها الحرارية

الغذاء	السعر	الغذاء	السعر	الغذاء	السعر
كوب شاى بالحليب	٥٠	خس ٢٥٠ جرام	٥٠	ربع فرخة مسلوقة ٢٥٠ جم	٣٠٠
كوب نسكافيه + ملعقة لبن بودرة	٦٠	خيار ١٠٠ جرام	١٨	ربع ارنب مسلوق او مشوى ٢٥٠ جرام	٢٩٠
كوب لبن حليب بقرى	١٣٠	جزر ١٠٠ جرام	٤٢	لحم ضانى ١٠٠ جرام	٢٦٧
كوب لبن بودرة	١٦٥	بصل اخضر ١٠٠ جرام	٤١	لحم بقرى بدون دهن ١٠٠ جم	٢٤٠
كوب لبن جاموسى	٢٠٠	٤ ملاعق ارز كبيرة	٢٢٠	لحم كبدة ١٠٠ جرام	١٣٦
كوب عصير ليمون	٧٠	٤ ملاعق مكرونة كبيرة	١٤٥	لحم سمك ١٠٠ جرام	٢٤٩
كوب عصير برتقال	٩٠	خضار سوتية ٣٠٠ جرام	١١٥	تفاح ١٥٠ جرام	١٠٥

تابع جدول (٨)
الأغذية وسعراتها الحرارية

الغـــذاء	السعر	الغـــذاء	السعر	الغـــذاء	السعر
كوب عصير مشمش	١٠٥	شوربة خضار ٢٥٠ جرام	١٨٠	مشمش ١٥٠ جرام	٦٤
زجاجة بيبسى كولا	٨٠	خرشوف ١٠٠ جرام	٥٣	موز ١٠٠ جرام	١٠٢
زجاجة سفن آب	٧٢	قرنبيط ١٠٠ جرام	٣١	بلح أحمر ١٠٠ جرام	١٦٣
١ بيضة مسلوقة	٨٠	كرنب ١٠٠ جرام	٣٣	تين ١٠٠ جرام	٨٨
١ بيضة أومليت	٨٠	قلقاس ١٠٠ جرام	٧٥	برتقال ١٥٠ جرام	٧٥
ملعقة سمن صغيرة	٤٥	ورق عنب ١٠٠ جرام	٩٧	قطعة كنافة ١٠٠ جرام	٣٤٥
قطعة جبنة قريش ٥٠ جرام	٥٠	ملوخية ١٠٠ جرام	٦٦	قطعة بقلاوة ١٠٠ جرام	٥٤٠
قطعة جبنة اسطامبولى ٥٠ جم	١٢٠	بامية ١٠٠ جرام	٤٩	كحك ٥٠ جرام	٢٥٠
قطعة جبنة ركفور ٥٠جرام	١٨٠	سبانخ ١٠٠ جرام	٣٣	لوز ١٠٠ جرام	٦٤٢
علبة زبادى ١٠٠جرام	٦٠	باذنجان ١٠٠ جرام	٣٢	بندق ١٠٠ جرام	٧٣٢
ربع رغيف فينو	١٢٠	بصل ١٠٠ جرام	٤٩	فستق ١٠٠ جرام	٦٣٧
٤ ملاعق فول	٢١٠	ثوم ١٠٠ جرام	١٤٠	سمن طبيعى (ملعقة كبيرة)	١٣٥
قشدة ٥٠جرام	١٠٤	سمن صناعى (ملعقة كبيرة)	١١٠	زبدة ١٠٠ جرام	٧٥٠
ملعقة عسل أبيض (نحل)	٥٠	زيت زيتون (ملعقة كبيرة)	١٤٠	بسطرمة ٥٠ جرام	١٤١
ملعقة طحينة	١٠٥	طماطم ١٥٠ جرام	٣٧		

المتطلبات اليومية من الطاقة:

متطلبات الشخص = متطلبات الطاقة الأساسية + متطلبات الطاقة الإضافية

أ) المتطلبات الأساسية:

إن كل كيلو من وزن الجسم يتطلب ١,٣ سعر حرارى عن كل ساعة، فمثلاً الفرد الرياضى الذى وزنه ٥٠ كيلو جرام يحتاج إلى:

١,٣ × ٢٤ ساعة × ٥٠ كيلوجرام = ١٥٦٠ سعر حرارى يومياً.



ب) المتطلبات الإضافية:

يحتاج الفرد الرياضى لكل ساعة تدريبية ٨,٥ سعر حرارى لكل كيلوجرام من وزن الجسم، فالفرد الرياضى الذى وزنه ٥٠ كيلوجرام يحتاج إلى:

٨.٥ × ٢ ساعة تدريبية × ٥٠ كيلوجرام = ٨٥٠ سعر حرارى إضافى.

إذن الفرد الرياضى الذى وزنه ٥٠ كيلوجرام ويتدرب ساعتين فى اليوم، فإنه يحتاج لطاقة تساوى ٢٤١٠ سعر حرارى (١٥٦٠ + ٨٥٠).

ويوصى العلماء بأن تشمل الوجبة الغذائية على مزيج من عناصر الطاقة كما يلى:

- ٥٧٪ كربوهيدرات (خبز – حلويات – كيك – ... الخ).
- ٣٠٪ دهون (زيوت – منتجات اللبان – ... الخ).
- ١٣٪ بروتين (بيض – لبن – لحوم – سمك – طيور).

ووفقاً لذلك، فإن متطلبات الفرد الرياضى الذى وزنه ٥٠ كيلوجرام تقدر كالتالى:

- ٥٧٪ كربوهيدرات من الـ ٢٤١٠ سعر حرارى = ١٣٧٤ سعر حرارى – ٤ سعر حرارى لكل جرام = ١٣٧٤/٤ = ٣٤٣ جرام.
- ٣٠٪ دهون من الـ ٢٤١٠ سعر حرارى = ٧٢٣ سعر حرارى – ٩ سعر حرارى لكل جرام = ٧٢٣/٩ = ٨٠ جرام.
- ١٣٪ بروتين من الـ ٢٤١٠ سعر حرارى = ٣١٣ سعر حرارى – ٤ سعر حرارى لكل جرام = ٣١٣/٤ = ٧٨ جرام

إذن الفرد الرياضى الذى وزنه ٥٠ كيلوجرام يحتاج إلى ٣٤٣ جرام من الكربوهيدرات، ٨٠ جرام من الدهون، ٧٨ جرام من البروتين (إضافات).

لذا، فإنه يمكننا أن نتعرف على متطلباتنا من السعرات الحرارية اليومية، بأن نستخدم الطريقة السابقة بمعلومية وزن الجسم وعدد ساعات التدريب، ثم نسجلها فى الشكل التالى:

الوزن	كيلو جرام	ساعات التدريب	ساعة
متطلبات الطاقة الأساسية	سعر حرارى	الكربوهيدرات	جرام
متطلبات الطاقة الإضافية	سعر حرارى	البروتين	جرام
متطلبات الطاقة الإجمالية	سعر حرارى	الدهون	جرام

الاحتياجات الغذائية:

إن الأفراد بما فيهم الرياضيون يحتاجون إلى الوجبات الغذائية التى تتشكل من الكربوهيدرات والدهون والبروتين والفيتامينات والأملاح، وسنتناول كل منها بالتفصيل فيما يلى:

(١) الكربوهيدرات Carbohydrates:

إن الكربوهيدرات من الأغذية سهلة الهضم Easily Digested وتخزن بالجسم فى صورة جليكوجين فى العضلات والكبد. لذا فإنها تمد الجسم بمعظم الطاقة اللازمة للتدريب الرياضى الشديد.

وتوجد الكربوهيدرات فى الجسم فى ثلاثة أشكال هى:

- السكر الأحادى : مونو ساشاريد Monosaccharides.
- السكر الثنائى : دى ساشاريد Disaccharides.
- عديد السكريات : بولى ساشاريد Polysaccharides.

فالمونو ساشاريد هو سكر الجلوكوز البسيط والفركتوز Fructose والجالاكتوز Galactose، وجميعها تسمى بالسكر الأحادى، لأنها يمكنها التحول إلى الشكل البسيط، فالجلوكوز والذى يعرف بالسكر البسيط، هو الشكل المستخدم لإعادة دورة الATP. فجزيئات الجلوكوز تتكون من ٦ ذرات من الكربون، ١٢ ذرة من الهيدروجين، ٦ ذرات أكسجين، والتركيب الجزيئى الكيميائى له هو ($C_6 H_{12} O_6$)، فالأغذية النشوية مثل الخبز والحبوب (مثل الأرز والذرة) هى السلسلة البسيطة للجلكوز والسكريات البسيطة الأخرى.

فالرياضيون الذين يتدربون مرتين يومياً يحتاجون إلى ٨-١٠ جرام كربوهيدرات لكل كيلوجرام من وزن الجسم يومياً، ويرمز له بـ٨-١٠ جرام/كيلوجرام/يوم) حتى يمكنهم إعادة تكوين الكربوهيدرات التى فقدت من العضلات، فلدى معظم السباحين المراهقين والكبار، تبلغ هذه المقادير ما بين ٥٠٠-٨٠٠جرام كربوهيدرات فى اليوم، بمعنى آخر، فإن الرياضيون يحتاجون لاستهلاك ما بين ٢٠٠٠-٣٢٠٠ سعر حرارى يومياً فى شكل كربوهيدرات، والجدول التالى يوضح ملخصاً عن هذه المعلومات للرياضيين وفقاً للأوزان المختلفة.

جدول (٩)

الاستهلاك اليومي من الكربوهيدرات للرياضيين للأوزان المختلفة في حالة التدريب الشديد (*)

وزن الجسم بالأرطال	السعرات المتناولة فى اليوم	الكربوهيدرات (سعرات)	الكربوهيدرات (جرام)
١٠٠	٢٨٠٠	١٨٠٠	٤٥٠
١٥٠	٤٢٠٠	٢٧٠٠	٦٧٥
٢٠٠	٥٠٠٠	٣٢٥٠	٨١٨

(*)على اساس أن الكربوهيدرات المتناولة تعادل ١٠ جرام/كيلو جرام/يوم = ٦٥٪ من السعرات الحرارية اليومية المتناولة من الكربوهيدرات.

ويجب أن تكون معظم الكربوهيدرات فى شكل نشا مثل المخبوزات والحبوب والخضراوات النشوية مثل البطاطس والبنجر Beets. ويجب أن نعلم أن استهلاك السباحين لأشكال السكر مثل الحلوى canaly والمشروبات الغازية Carbonated beverages يجب تقليلها إلى حّد كبير، ولكن المفضل السكر المتوفر فى الكثير من الكربوهيدرات وخاصة النشويات، ولكنها عادة ما تحتوى على القليل من الفيتامينات والأملاح، وتمتاز هذه الأشكال من السكر أنها تسبب زيادة سريعة فى جلوكوز الدم، ولكن يليها مباشرة هبوط تعويضى Compensatory خلال ساعتين مما قد يسبب الشعور بالكسل أو النوم Lethargy.

وتشير الدلائل حديثاً أن الرياضيون فى حالة التدريب الشديد يجب أن لا يقل محتوى الوجبة الغذائية عن ٧٠-٧٥٪ كربوهيدرات، لأن زيادة الكربوهيدرات تساعد على تحرر الطاقة المتوفرة بعضلاتهم بشكل أكثر سرعة، كما أن الجليكوجين المخزون بالعضلة ينضب بانتظام أثناء التدريب الرياضى، ويعتمد معدل النضوب على ما يلى:

١- شدة التدريب.

٢- مقدار الجليكوجين الموجود بالعضلات عند بداية التدريب.

ويستنزف خلال ١٥ دقيقة من التمرين الرياضى الشديد حوالى ٦٠-٧٠٪ من الجليكوجين المخزون فى العضلات (**تيلور** **TAYLOR** ١٩٧٥)، ويمكن أن يحدث الاستنزاف التام للجليكوجين خلال ساعتين من التدريب عالى الشدة (**كوستل وآخرون** **COSTILL, et al** ١٩٧١م). وبناء على ذلك، يمكنا أن نستنتج أن النضوب التام للجليكوجين بالعضلة يتم بعد مراحل من التدريب الرياضى الشديد، علماً بأن هذا النضوب يحتاج إلى ١٤-١٨ ساعة حتى يتحرر الجليكوجين المخزون فى العضلة تحت الظروف الغذائية العادية، ويتم ذلك عندما يكون الغذاء محتوياً على ٤٠-٥٠٪ كربوهيدرات، بينما يتطلب خمسة أيام حتى ينضب عندما يكون الغذاء محتوياً على كمية قليلة من الكربوهيدرات (**كوستل وآخرون** ١٩٧١م).

وفى حالة حدوث انخفاض فى تحرر الجليكوجين يوماً بعد أخر، فإن ذلك يؤدى إلى حالة التعب المزمن **Chronic Fatigue**، مما يؤثر على مستوى الأداء والدافعية نحو التدريب، فإذا استمرت تلك الحالة عدة أيام فقد يحدث تكيف معها لأن الرياضيون لديهم القدرة على التدريب عند الشدة العالية ليحافظوا على التكيفات التى حققوها فى بداية الموسم التدريبى.

ويوضح العديد من الباحثون أن الغذاء الغنى بالكربوهيدرات (٧٠-٨٠٪) يمكن أن يقلل من الزمن اللازم لتعبئة الجليكوجين مرة أخرى ليصل من



٤٨ ساعة إلى ٢٤ ساعة (**هالتمان، بيرجستروم، روك، يوزلند** HALTMAN, BERGSTROM, ROKE & YOUZLAND ١٩٧١م)، **ماك دوجال، وورد، سال، ستون** MC DOGAL, WOOD, SALL, AND STOUN ١٩٧٥م) ويُنْصح السباحون عند التدريب أن يتناولوا غذاء يحتوى على كربوهيدرات عالية، وكذلك يحتوى على السكريات (الأحادية) والنشويات (متعددة التسكر)، وهذا يعتبر أفضل مصدر للكربوهيدرات. ولذا، يجب على الرياضيون أن يقللوا من تناول السكر ويكون معظم غذائهم من الكربوهيدرات فى شكل نشويات، وهذا أفضل للسباحين من حيث الصحة والتدريب، فالجسم يمكنه استخدام النشويات أو السكريات للحصول على الجليكوجين بسهولة (**كوستل** COSTILL ١٩٧٨م).

الدهون Fats:

إن الدهون أساسية فى الغذاء ولكن بكميات قليلة، ويمكن استخدامها كوقود للحصول على الطاقة أثناء التدريب الرياضى منخفض الشدة ذو الفترة الزمنية الطويلة، وهذه الطريقة تقلل من معدل نضوب الجليكوجين بالعضلة، كما أن الدهون هامة أيضاً فى عملية تمثيل الفيتامينات.

ويمكن للجسم أن يحصل على الدهون أيضاً من الطعام الذى يحتوى على الكربوهيدرات. ومع ذلك، فإن تناول الدهون بنسبة عالية غير مطلوب، وهناك حمض دهنى أساسى يجب أن يتناوله الفرد مع الطعام اليومى وبشكل أساسى وهو حمض اللينوليك Linoleic، فهذا الحمض مطلوب فى عملية النمو الطبيعى للجسم وعملية التمثيل الغذائى، ولا يُصنَّعَ هذا الحمض داخل الجسم، وبالتالى يجب أن يحتوى الغذاء اليومى على ١-٢٪ من هذا الحمض، ويوصى الباحثون بأن يكون الاستهلاك اليومى من الدهون من ١٠-١٥٪ من إجمالى السعرات الحرارية التى يتناولها الفرد، ويستطيع الجسم أن يُكَوِّن جميع الأنواع الأخرى من الأحماض الدهنية من مصادر كربوهيدراتيه. وعلى ذلك، فإن الغذاء الذى يحتوى على كميات كبيرة من الكربوهيدرات يزيد من

الأحماض الدهنية التى يحتاجها الجسم للحصول على الطاقة. ويجب أن نعلم أن تناول الدهون بكميات كبيرة وخاصة المشبعة منها تسبب أمراض الجهاز الدورى والتنفسى، وهى التى تتكون من المصادر الحيوانية والأغذية المصنعة.

وتؤدى الدهون العديد من الوظائف الهامة فى جسم الإنسان، لذا، فإنها تعتبر من الأغذية الهامة. فنحن نحتاج الدهون لتجديد أغشية الخلايا والجلد والألياف العصبية. كما أنها ترتبط بتكوين هرمونات معينة. والفيتامينات التى تذوب فى الدهون هى فيتامينات (أدهك) A, D, H, K. فهذه الفيتامينات تنقل داخل الجسم متحدة مع الدهون، وتعتبر الدهون هى المصدر الرئيسى للطاقة اللازمة للحياة، حيث تزودنا فى الغالب بـ٧٠٪ من الطاقة الإجمالية التى نستخدمها فى حالة الراحة، وتتكون الدهون من نفس تركيب بعض العناصر الأخرى مثل الكربوهيدرات. وهناك ثلاثة أنواع من الدهون وهى:

١- دهون سترويدية (دهون مشبعة) Saturated.

٢- دهون غير سترويدية (دهون غير مشبعة) Unsaturated.

٣- دهون متعددة غير سترويدية (دهون متعددة غير مشبعة) Polyunsaturated.

وتتكون الدهون المشبعة من مصادر حيوانية ومنتجات الألبان، ويعتبر الترای جلسرايد من الدهون المشبعة الرئيسية، كما أنه يعتبر أيضاً صورة المخزون الرئيسية للدهون فى جسم الإنسان، فأكثر من ٩٩٪ من دهون الجسم تتكون من الترای جلسرايد (الجلسريدات الثلاثية) Triglycerides، فالترای جلسرايد يتكون من سلسلة من الجيلسرول Glycerol وثلاثة سلاسل من الأحماض الدهنية. وذرات الكربون فى الترای جلسرايد ترتبط Join بذرتين هيدروجين فى كل مجموعة ذات رباط، وعندما يحدث ذلك، فإنها تسمى مشبعة لأنها تحتوى على العديد من ذرات الهيدروجين فى تكوينها الكيميائى.

وتتمثل خطورة تناول كميات كبيرة من الدهون المشبعة فى أنها تتجه نحو التصلب والالتصاق Harden & Adhere داخل الشرايين، مما يقلل من

الدم المندفع داخلها وتسبب أمراض القلب. أما الدهون الغير مشبعة، فإنها تأتى من زيوت الخضراوات **Vegetable** (زيوت نباتية).

وتتميز الدهون الغير مشبعة والمتعددة الغير مشبعة أنها تبقى سائلة فى درجة حرارة الجسم، ويتم انتقالها داخل الجسم بسهولة دون ترسبها فى الشرايين. والرياضيون يحتاجون لحوالى ٥٠-١٠٠ جرام، أو ٤٥٠-٩٥٠ سعر حرارى من الدهون يومياً وفقاً للعمر وحجم الجسم والزمن الذى يقضيه الرياضيون فى التدريب (جرام واحد من الدهن = ٩ سعر حرارى)، وهذه السعرات الحرارية السابق ذكرها تعادل ١٥-٢٠٪ من مجمل السعرات التى يستهلكها الفرد الرياضى فى اليوم.

إن معظم الناس فى أمريكا والبلاد المتقدمة يستهلكون ٤٠٪-٥٠٪ من سعراتهم الحرارية فى شكل دهون، والجزء الأكبر منها من الدهون المشبعة. ويفضل أن تكون معظم الدهون التى يتناولها الرياضيون فى شكل الدهون الغير مشبعة والمتعددة الغير مشبعة. ووفقاً لذلك، فإن العديد من السباحين يجب أن يخفضوا من استهلاكهم للدهون إلى النصف، وذلك لتقليل ما يحصلون عليه من السعرات الحرارية وحتى تكون فى حدود المدى الموصى به، وهذا يعنى أنه من الضرورى أن يقللوا من تناول الأيس كريم والحلويات واللحوم الحمراء والشيكولاته.

البروتينات Proteins:

يعتبر البروتين هام جداً فى بناء وتجديد الأنسجة العضلية، ويعتقد العديد من الرياضيون والمدربون خطأً أنه يجب تناول كميات كبيرة من اللحوم البقرية والدواجن والأنواع الأخرى من الأغذية التى تحتوى على نسبة كبيرة من البروتين، ويؤدى ذلك إلى نمو كبير فى العضلات، ويوصى العلماء بأن تكون نسبة الطاقة الواجب الحصول عليها من البروتين فى حدود ١٥-٢٠٪ من السعرات الحرارية اليومية، كما يوصى البعض الآخر بأن تكون كمية



البروتين اليومية المطلوبة للفرد عبارة عن واحد جرام أو اقل لكل كيلو جرام من وزن الجسم – هذا بصفة عامة – بينما يوصى خبراء التغذية بأن تكون ٢ جرام بروتين لكل كيلو جرام من وزن الجسم للرياضيين الذين يمارسون التدريبات ذات الشدة العالية (**جينسين، فيشر** JENSEN, FISHER ١٩٧٥). فإذا كان وزن السباح يتراوح ما بين ٤٥-٩٠كجم، فإنه سوف يحتاج إلى ٩٠-١٨٠ جرام بروتين يومياً، فمثلاً البيضة الواحدة تحتوى على ٦ جرام بروتين، وكوب اللبن يحتوى على ٩ جرام بروتين، بينما شريحة الخبز تحتوى على ٢ جرام بروتين.

ونحن نحذر الرياضيون الذين يفضلون الغذاء النباتى، حيث أن نقص تناول اللحوم ليس له تأثير مرضى، ولكن غيابها قد يمنع الفرد من الحصول على كفايته من البروتين، وبصفة خاصة الأحماض الأمينية الأساسية، ومن المعروف أن القليل من النباتات التى تحتوى على الأحماض الأمينية الأساسية، بينما معظم اللحوم تعتبر مصدراً كاملاً منها، وهذا يتطلب من الأفراد الرياضيون أن يكونوا على علم بمقدار الحمض الأمينى الموجود فى الغذاء الذى يتناوله حتى يمكنهم تناول الغنى منه بهذه الأحماض.

وتتعدد الأسباب التى تؤكد أهمية البروتين، منها أن النسيج العضلى يتكون من البروتين، وكذلك الميتوكوندريا والميوجلوبين فى الخلايا العضلية. كما أن الهيموجلوبين وهو حامل الأكسجين فى الدم، يتكون أيضاً من البروتين، كما أن البروتينات هى أيضاً واحدة من المنظمات الهامة فى جسم الإنسان، وكذلك فإن أكثر من ٢٠٠٠ أنزيم مختلف تلعب دوراً كمحفزات كيميائية. كما أن العديد من الهرمونات التى تنظم وظائف الجسم هى ايضاً تتكون من البروتين، هذا بالإضافة إلى وظائفها الأخرى، ولكن على الرغم من ذلك، فإن البروتين يمّد بمقدار صغير من الطاقة لاستعادة تكون دورة الـ ATP أثناء التمرين الرياضى، المهم أن كل هذه الوظائف تجعل من البروتين مادة هامة ذات قيمة كبيرة للتمرين الرياضى الهوائى واللاهوائى.



فالبروتينات مثل الكربوهيدرات والدهون تتكون من ذرات الكربون والهيدروجين والأكسجين، ولكنها تختلف عن الكربوهيدرات والدهون فى أنها تتكون أيضاً من النتروجين والحديد والكبريت والفوسفور، والوحدة التركيبية للبروتين هى الأحماض الأمينية، حيث أنها تتحد بأساليب متنوعة لتكون الآلاف من البروتينات المختلفة التى يستخدمها الجسم، حيث هناك أكثر من ٢٠ حمض أمينى معروف، ٩ منها أساسية لأنها لا تتكون داخل الجسم ولكن يمكن الحصول عليها من الأغذية المختلفة.

إن الأحماض الأمينية هى التى تحدد استمرار الحياة فى جسم الإنسان، فمنها ما يظل للعديد من الأيام، ومنها ما يظل للعديد من الشهور قبل أن يعاد تحررها مرة أخرى بأحماض أمينية جديدة من خلال تناول الغذاء أو من الأنسجة الأخرى. ووفقاً لذلك، فإن السباحون يحتاجون للأحماض الأمينية بالقدر الكافى لإعادة بناء النسيج العضلى.

إن الأحماض الأمينية الأساسية يمكن توافرها فى الأغذية الحيوانية، وعلى ذلك، فإن اللحوم والسمك والبيض والدجاج واللبن هى أفضل المصادر لهذه الأحماض بالمقارنة بالنباتات، لأنها تحتوى على بروتينات كاملة تشتمل على الـ٩ أحماض الأمينية الأساسية، والمصادر النباتية عادة ما ينقصها واحد أو أكثر من الأحماض الأمينية الأساسية، وبالتالى فإنها تعتبر مصادر غير كاملة للبروتين. لذا، فـ١٥٪-٢٠٪ تقريباً من السعرات الحرارية التى يستهلكها السباحون يومياً يجب أن تكون من البروتين، وقد يتطرق إلى ذهن البعض سؤال مفاده، هل السباحون فى حاجة إلى كميات إضافية من البروتين؟

وللإجابة عن هذا السؤال، فإنه يجب أن نعلم أن الاحتياجات اليومية RDA للبالغين تكون عند ٠.٨٠ جرام بروتين لكل كيلو جرام من وزن الجسم، وقد يزيد ذلك قليلا ليكون واحد جرام/كيلو جرام للمراهقين، لأن النمو فى هذه المرحلة سريع، ومع ذلك، فإن العديد من الدراسات العلمية أظهرت أن

تناول ١،٥ جرام /كيلو جرام تقريباً هام وضروري لمواجهة تدريب التحمل (**فريدمان، ليمون** FRIEDMAN & LEMON ١٩٨٥، ١٩٨٩م)، بينما يشير **مارابل وآخرون** MARABLE, et al., ١٩٧٩م) إلى أن بناء العضلات يحتاج أن يتناول الفرد أكثر من ٢-٣ جرام/كيلو جرام بروتين يومياً. كما تشير دراسة **كونسدازيو وآخرون** CONSDAZIO, et al., ١٩٧٥م) أن الأفراد المتمرسون أصحاب الخبرة الرياضية يحدث لديهم زيادة اكبر في حجم العضلات عندما يتناولون بروتين إضافي في غذائهم، كما تشير دراسة (**شارب** SHARP ١٩٩١م)، (**شارب وآخرون** ١٩٨٨م) أن معدل التحسن في العمل الهوائي واللاهوائي كان أكبر لدى الأفراد الذين يتناولوا بروتين إضافي في غذائهم.

المهم في هذا الأمر، أن يكون غذاء الرياضيون متوازناً، وأن تكون هناك حاجة ماسة لتناول البروتين الإضافي وفقاً لمتطلبات النشاط الممارس، وعلى الرغم من ذلك، فهذه ليست القضية الجوهرية في النشاط الرياضي، لأن معظم السعرات التي يستهلكها الفرد الرياضي تستمد من الأغذية التي تحتوي أولاً على الكربوهيدرات وثانياً على الدهون.

إن المقدار المثالي من البروتين الذي يجب أن يتناوله السباحين الإناث هو ما بين ٥٠-٦٠ جرام في اليوم (**فان إيرب بارت وآخرون** VAN ERP-BAART, et al., ١٩٨٩م)، ولكي يتم الوفاء بمتطلبات الجسم والتي تنحصر ما بين ١،٥-٣ جرام/لكل كيلو جرام من وزن الجسم، فإن حاجتهم من البروتين تصل ما بين ٨٠-١٨٠ جرام بروتين في اليوم، كل ذلك لأجسام الإناث اللاتي ينحصر وزنهن ما بين ٤٥-٦٠ كيلو جرام، أما الذكور الذين تنحصر أوزانهم ما بين ٦٨-٨٤ كيلو جرام، فإنها تحتاج إلى ١٠٠-٢٥٠ جرام بروتين في اليوم.

وللوفاء بمتطلبات التدريب، فإن الرياضيون في حاجة إلى ٣٠-١٥٠ جرام بروتين إضافي في غذائهم اليومي، أما ما هو أكثر من ذلك، فسوف يأتي بنتائج غير مُرّضية، ويفضل أن تكون هذه الإضافات في شكل طعام أولاً، ثم تأتي

فيما بعد فى أى صورة أخرى، وينصح العلماء أن يحتوى الغذاء البروتينى وأى إضافات منه على مقادير أساسية من الجلوتامات Glutamate وهى سلسلة مشعبة Branched-chain من الأحماض الأمينية، وذلك للحصول على أفضل النتائج، ويؤكد شارب (١٩٩١م) أن سلسلة الأحماض الأمينية ضرورية للبناء العضلى، كما تلعب دوراً بالإضافة إلى الجلوتامات فى تقليل حمض اللاكتيك المتكون.

ونحن نوصى بأن يكون البروتين الإضافى بكميات صغيرة، ومن الأهمية بمكان عدم المبالغة فى ذلك حيث ان الكمية الزائدة من البروتينات قد تؤثر على قدرة الكُلى فى طرد النتروجين الزائد، كما انه من المحتمل أن تتجمع هذه الكمية الزائدة فى العظام مسببة النقرس Gout أو التهاب المفاصل Arthritis وخاصة عندما تكون هذه الكميات الكبيرة من البروتين الغير طبيعية داخل مجرى الدم.

كما نحذر من الإفراط فى تناول البروتين فى صورة اللحوم الحمراء، حيث أن الكميات الكبيرة منها من المحتمل أن تزيد من استهلاك الجسم من الدهون المشبعة بشكل كبير، ويفضل أن تكون هذه اللحوم فى صورة المزيد من السمك والدجاج والأغذية البروتينية الأخرى مثل البيض، اللبن، البازلاء Peas واللوبيا والفاصوليا والفول Beans أو أى أحماض أمينية مكملة وليست لحوم حمراء. فمثلاً ٨ أرطال (أونس) من اللبن تتماثل مع محتوى الأحماض الأمينية فى عدد ٢ أونس من اللحوم الحمراء فى محتوى البروتين، والجدول التالى يوضح ملخصاً للاحتياجات اليومية من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات للسباحين فى حالة التدريب، وقد حسبت هذه الاحتياجات بثلاثة أساليب، بالوزن (بالجرام)، والسعرات الحرارية، وأخيراً نسبتها المئوية فى الوجبة الغذائية.



جدول (١٠)
الاحتياجات اليومية من العناصر الغذائية الأساسية لسباحى المنافسات
المراهقين والبالغين أصحاب أحجام الجسم الطبيعية

العناصر الغذائية	الاحتياجات		
	بالجرام	بالسعرات الحرارية	بالنسبة المئوية
الكربوهيدرات	٥٠٠-٨٠٠	٢٠٠٠-٣٠٠٠	٦٥-٧٠٪
الدهون	٥٠-١٠	٤٥٠-٩٠٠	١٥-٢٠٪
البروتينات	١٠٠-٢٠٠	٤٠٠-٨٠٠	١٥-٢٠٪

تطبيق الإرشادات الغذائية Applying nutritional Guidelines:

وفقاً للمعلومات الغذائية الحديثة، فإن غذاء السباحين يجب أن يحتوى على النسب المئوية الآتية من المواد الغذائية الأساسية:

- الكربوهيدرات ٧٠-٧٥٪ من السعرات الحرارية المستهلكة يومياً.
- الدهون ١٠-١٥٪ من السعرات الحرارية المستهلكة يومياً.
- البروتين ١٥-٢٠٪ من السعرات الحرارية المستهلكة يومياً.

وعلى الرغم من نموذجية هذه النسب للرياضيين، فإن بعض الخبراء يذكرون أن هناك اختلافات بسيطة تتناسب مع سباحى السرعة **Sprinters**، حيث أنهم يحتاجون لمزيد من البروتين لبناء الأنسجة بأجسامهم، ويعتقدون أن الغذاء المناسب لهم يجب أن يكون كما يلى:

- الكربوهيدرات ٤٤-٦٧٪.
- الدهون ١٠-١٥٪.
- البروتين ٢٢-٣٢٪.

ويرى العلماء أن الرياضيون من المحتمل أن يتناولوا المزيد من البروتين للوفاء بنمو الأنسجة العضلية وإعادة تجديدها.

السوائل Fluids:

يعتبر الماء هو المادة الهامة التى تلى الأكسجين فى استهلاكنا لها، حيث أن حوالى ٦٠٪ من وزن الجسم ماء، ثلثى هذه الكمية توجد داخل الخلايا، حيث يدخل الماء فى تكوينها، وفى الحقيقة، فإن ٧٠٪ من وزن الخلايا العضلية من الماء، ويسمى الماء فى هذا الشكل بسائل ما بين الخلايا **Fluid Intracellular**. كما أن بلازما الدم تتكون بشكل أساسى من الماء مع القليل من البروتين. كما أن السائل الليمفاوى **Lymph Fluid** وسائل ما بين المفاصل **Synovial** فى المفاصل هو أيضاً يحتوى على مقدار كبير من الماء.

ويقوم الماء بالعديد من الوظائف الأساسية، أهمها أنه يمنع زيادة تركيز بعض العناصر الكيميائية داخل الجسم، كما أنه يمّدنا بالإحساس بالتلطيف الداخلى للحرارة، ويجعل المفاصل أكثر سهولة فى حركتها، وتزيد احتياجات الجسم للماء لأكثر من ٢,٥ لتر يومياً للسباحين المتدربون. لذا يجب على السباحين تناول من ٦-١٠ أكواب من الماء يومياً فى صورة ماء أو أى سوائل أخرى مثل العصائر والفواكه واللبن ... الخ.

وتبدو أهمية السوائل فى الغذاء من خلال حقيقة أن وزن الجسم يشمل على حوالى ٦٠٪ منه من السوائل، ومن المعروف أن بعض السوائل تُفْقَد عندما يتدرب الفرد تدريباً رياضياً، ومع ارتفاع درجة حرارة البيئة يزيد هذا الفقّد، مما يتطلب استعادتها بالقدر الكافى، وذلك للمحافظة على نسبتها الصحيحة داخل الجسم. ولا شك أن المجهود الرياضى يزيد من حرارة الجسم، كما يزيد تدريجياً معدل العرق – عدا السباحة – وفى حالة زيادة نسبة فقّد السوائل بدرجة كبيرة، فإن ذلك قد يسبب الجفاف **Dehydration**، مما يؤدى إلى ما يسمى بالتقلصات الحرارية **Heat Cramps** ، والإجهاد الحرارى **Heat Exhaustion** ومن المحتمل أيضاً الإصابة بضربة الحرارة **Heat stroke**.

والجفاف لا يعتبر من المشكلات الخطيرة بين السباحين، مثلما هو فى الرياضات الأخرى الأرضية، لأن الماء البارد داخل حمامات السباحة يقلل من

معدل العرق عن طريق امتصاص الحرارة من سطح الجلد بسرعة أكبر من درجة امتصاصها عن طريق الهواء. ورغم ذلك، فإن **ماجلشو** ١٩٩٣م يشير إلى فقد السباحين بعض العرق عندما يتدربون، لذا، فإنهم يفقدون قدراً من السوائل عند مقارنتهم بالأشخاص العاديين. وهذه السوائل يجب استعادتها يومياً بشكل أساسى، وإلا فإن القدرة على أداء المجهود سوف تقل. والمهم هنا المحافظة على التوازن بين السوائل التى يتناولها الفرد وما يستهلكه منها، والجدول التالى يوضح ذلك.

جدول (١١)

التوازن المائى عند الإنسان

السوائل المتناولة		السوائل المستهلكة	
المصادر		المصادر	
سوائل	١٢٥٠ ملليلتر	بول	١٤٠٠ ملليلتر
ماء فى الغذاء	٩٠٠ ملليلتر	ماء فى البراز	١٠٠ ملليلتر
ماء من أكسدة الطعام بالجسم	٣٥٠ ملليلتر	أبخرة	٧٠٠ ملليلتر
		رئتين	٣٠٠ ملليلتر
الإجمالى	٢٥٠٠ ملليلتر	الإجمالى	٢٥٠٠ ملليلتر

يبلغ معدل السوائل المتناولة يومياً عند الشخص العادى ما بين ١.٥-٢ لتر. أما الرياضيون فتبلغ احتياجاتهم من السوائل من ٢-٣ أضعاف هذه الكمية، حيث أنهم يفقدون من ١-٤ لتر من السوائل عن كل ساعة تدريب - عدا السباحة - (**مورهاوس، راش** MOREHOUSE & RASCH ١٩٧٨م) أما فى السباحة، فإن السباحون يفقدون أيضاً سوائل ولكن أقل من ذلك بشكل كبير، ولم تحدد الدراسات حتى الآن مقدار الاختلاف بينهما، والنصائح المقدمة حول السوائل الواجب تناولها غير دقيقة، المهم أنه يجب على السباحين تناول من ٤-٨ لتر من السوائل يومياً، وحيث أن معظم الأغذية تحتوى على كمية اعتبارية من السوائل، وقد تمثل نصف احتياجات الفرد من السوائل، أما النصف الآخر فيمكن الحصول عليه عن طريق تناول من ٦-١٠ أكواب من السوائل مثل الماء، اللبن، الفواكه (عصائر) الخ يومياً.

الفيتامينات والأملاح Vitamins & Minerals:

إن الفيتامينات هى مواد عضوية، ولكنها لا تمد الجسم بالطاقة أو بناء الأنسجة، فى حين أنها تفيد فى هذه العمليات من خلال تأثيرها على الأنزيمات الخاصة بتمثيل الطاقة، ومن المعروف أن الفيتامينات لا تصنع داخل الجسم Manufactured، ومع ذلك، يجب تناولها Ingested بشكل أساسى ومنتظم.

أما الأملاح، فهى عناصر غير عضوية، وتلعب دوراً هاماً فى تنظيم مستوى تركيز أيونات السوائل داخل الخلايا وخارجها، فبعض من هذه العناصر يشارك فى نقل تنبيه الأعصاب والانقباض العضلى، وهى تشكل أيضاً جزءً من أنسجة الجسم القوية.

ومن الثابت أن الأداء الرياضى الشديد يتأثر عندما يكون محتوى غذاء الرياضيين ناقصاً من فيتامينات وأملاح معينة. ومع ذلك، لم يثبت حتى الآن أن تناول المزيد منها عن حدودها الطبيعية سوف يحسن الأداء. وقد أشارت الجمعية الطبية الأمريكية فى تقريرها أنه ليس من الضرورى تناول جرعات إضافية من فيتامينات وأملاح معينة عند أداء المجهود الرياضى حتى يتحسن الأداء، ومع ذلك، فإن العديد من الخبراء ينصحون بتناول المزيد من تلك العناصر، كما أن الرياضيون من المتعارف بينهم أن تناول كميات إضافية من الفيتامينات والأملاح فى حالة أداء المجهود ويحسن من مستوى هذا الأداء.

وفى ضوء هذا الجدل حول تناول الإضافات من الأملاح والفيتامينات، فإنه إذا ما كانت هناك ضرورة لتناول المزيد منها، فالسؤال هنا ما هى الكمية الإضافية المطلوبة والتى يجب أن يتناولها الرياضيون؟، ولمعرفة ذلك، يجب علينا الإجابة عن السؤالين التاليين:

١- ما هى الفيتامينات والأملاح المطلوبة للسباحين فى حالة التدريب الشديد؟

٢- هل المفروض على الرياضيين أن يتناولوا الأغذية التى تكفى لمواجهة هذه المتطلبات؟

فيما يتعلق بالإجابة عن السؤال الأول، فنحن يجب أن نعرف الاحتياجات اليومية الموصى بها Recommended Daily Allowance (RDA) كمرشد لنا. وقد تكون تلك المقادير اليومية غير كافية لمواجهة متطلبات السباحين خلال التدريب. وهنا نؤكد أن تدريب السباحة يتطلب المزيد من السعرات الحرارية، وأن الفيتامينات والأملاح تلعب دوراً هاماً فى تمثيل الطاقة. ومن المنطقى أن يستخدم السباحون المزيد منها بالمقارنة بالأشخاص العاديين نتيجة أن التدريب يستهلك المزيد من الطاقة. لذا فالسباحون يحتاجون لـ١,٥-٢ ضعف الجرعة اليومية الموصى بها للفرد العادى من الفيتامينات والأملاح، حيث أن زيادة الحاجة إليها يرتبط إلى حد كبير بالزيادة المطلوبة من تمثيل الطاقة كاستجابة للمجهود الذى يؤديه السباحون أثناء التدريب.

أما عن السؤال الثانى، فإنه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار الحقيقة التى تقول ان زيادة السعرات الحرارية التى يحصل عليها الفرد ستزيد بلا شك من الفيتامينات والأملاح التى يحصل عليها الجسم، ولكن ذلك يحدث فقط فى حالة ما إذا كان الطعام الذى يتناوله الفرد محتوياً على المقادير الكافية منها، ولكن تشير بعض الدلائل أنه من غير المحتمل أن يفىّ الطعام الزائد باحتياجات الجسم من الفيتامينات والأملاح عند تمثيله، وذلك نتيجة العادات الغذائية التى تسيطر على تشكيلة الوجبة الغذائية، وقد تختلف تلك العادات من مجتمع لأخر، حيث أجرى لويد Lloyd ١٩٧٢م) دراسة عن هذه العادات لعدد ٢٥٠٠ فرد من جميع الأعمار ومختلف المهن والمستويات الاقتصادية، فوجد أن ٧٠٪ من العينة أن غذائهم يفتقد لعنصر غذائى أو أكثر من المكونات الأساسية للوجبة الغذائية. لذا، فاحتمال تناول الأفراد الرياضيون وجبات غذائية غير ملائمة احتمال قائم، فإذا تناول الأفراد كميات كبيرة من البروتين – وهذا منتشر بين الغالبية العظمى من الناس فى الوطن العربى – فهذا فى حقيقية الأمر هو نقص فى الغذاء. كما أن زيادة عدد الوجبات التى يتناولها الناس فى مطاعم الوجبات السريعة الغير مغذية Nontritons قد تفتقد للأملاح

والفيتامينات المطلوبة للجسم. وليس معنى ذلك أننا نوصى بتناول جرعات كبيرة من الفيتامينات والأملاح، فالتزود بها يجب أن يكون للوقاية Safeguard من أخطار نقصها وليس كمساعد لأداء المجهود المطلوب. وليس هناك دليل على أن تناول المزيد منها يمنع أى نقص سوف يحدث فى مستوى الأداء، بل على العكس من ذلك، الجرعات الكبيرة من فيتامينات معينة من الممكن أن تكون خطراً على المدى الطويل. ففيتامينات A, D, E, K (أ، د، هـ، ك) والتى تذوب فى الدهون والتى يمكن تخزينها فى الجسم، من الممكن أن تتراكم حتى المستويات السامة Toxic Levels إذا استمر الفرد فى تناول كميات كبيرة منها على المدى الطويل. لذا، فهذه الفيتامينات يجب ألا نتناول منها أى شئ إضافى، ومن ناحية أخرى، فإن تناول المزيد من الفيتامينات الأخرى والتى تذوب فى الماء والتى لا تخزن فى الجسم يومياً لا تسبب أى خطورة. وهنا يتطرق لنا السؤال عن الفيتامينات والأملاح التى يتطلبها الفرد الرياضى؟ وهذا ما سوف نتناوله بالتفصيل فيما يلى:

الفيتامينات Vitamins:

يجب أن نعلم قبل كل شئ أن الفيتامينات لا تمدنا بالطاقة، أو أنها تدخل فى بناء الأنسجة، بل أنها تلعب دوراً أساسياً فى تحفيز Catalysts هذه العمليات من خلال وظيفتها وتأثيرها على الإنزيمات التى تؤثر فى عملية تمثيل الطاقة. والفيتامينات لا تُصنّع فى خلايا الجسم، لذلك، فإنها تستهلك فى تنظيم عمليات التفاعل التى ينتج عنها الطاقة.

وهناك ٤٠ نوع مختلف من الفيتامينات، لكل منها وظيفة محددة داخل جسم الإنسان، وقد عُرِفَ بالتحديد خلال العقود الأخيرة المقادير التى يحتاجها الجسم منها يومياً. وقد صنفت الفيتامينات إلى مجموعتين:

١- فيتامينات تذوب فى الماء.

٢- فيتامينات تذوب فى الدهون.

والفيتامينات التى تذوب فى الماء لا تخزن فى الجسم، ولكنها تنقل مع سوائل الجسم إلى المناطق التى يمكن استخدامها إذا احتاجت إليها أو إلى جزء منها، والزائد منها يخرج من الجسم مع البول والبراز Urine & Feces أولاً بأول. ومن الفيتامينات التى تذوب فى الماء B المركب، C، وكذلك حمض النياسين والبانتوثينك (فيتامين H)، والكولين Colin، أما الفيتامينات التى تذوب فى الدهون، فإنها تنقل أيضاً إلى أجزاء (مناطق) Sites الجسم المختلفة التى فى حاجة إليها. وفى هذه الحالة، فإن المقادير الزائدة منها تخزن فى الأنسجة الدهنية، ويظل تخزنها فى بعض الأحيان لسنوات عديدة، ومن الفيتامينات التى تذوب فى الدهون، فيتامينات (أدهك) A, D, E, K.

ويبدو أن مجموعة فيتامين B المركب، وفيتامين C أنهما يلعبا دوراً هاماً فى تغذية الرياضين، فهذه الفيتامينات تذوب فى الماء. لذا، فإن تناولها مع الطعام يومياً هو المفضل. والجدول التالى يوضح الفيتامينات والـRDA (الاحتياجات اليومية منها) الخاص بها ووظائفها لدى الإنسان والمصادر الغذائية التى تحتويها.

جدول (١٢)
الفيتامينات الأساسية

الفيتامين	الاحتياجات اليومية	الفعالية	المصادر
فيتامين A (كاروتين (Carotene	١ ملى جرام	أساسى للبصر الجيد، والنمو الطبيعى لكلاً من العظام والأسنان والجلد	الأسماك، اللبن، الفواكه، الخضراوات الصفراء والخضراء.
فيتامينB1 (ثيامين (Thiamine	١.٥ ملى جرام	هام لمقاومة التعب والتأم الأنسجة المصابة	الحبوب، البيض، اللبن، البطاطس، اللحم البقرى، البقوليات legumes.
فيتامين B2 (ريبوفلافين (Riboflavin	١.٨ ملى جرام	يساعد فى عملية تمثيل الدهون والكربوهيدرات والبروتين، وكذلك يساعد فى الوظيفة الخاصة للنسيج العصبى.	اللبن، البيض، صفار البيض yolk، الحبوب، البقوليات، الذرة.

تابع جدول (١٢)
الفيتامينات الأساسية

الفيتامين	الاحتياجات اليومية	الفعالية	المصادر
حمض النياسين Niacin	٢٠ ملى جرام	هام فى عملية هضم الطعام، ونقصه قد يؤدى إلى الوهن depression	اللبن، اللحم المشفى، السمك، البيض، البطاطس، البازلاء الخضراء.
فيتامين B6	٢ ملى جرام	يساعد فى عملية تمثيل الدهون والبروتين	الأرز، القمح wheat، الذرة، اللبن، الخس Lettuce، السمك، الطماطم، السبانخ spinach، الفاصوليا الخضراء green beans، البازلاء.
حمض البانتوثينيك pantothenic	غير معروف ويوصى بـ ١٠ ملى جرام	هام فى عملية التمثيل فى أنسجة العضلات الهيكلية والقلبية.	البيض، الكبد، القرنبيط، اللحم المشفى، اللبن، الطماطم، القشدة skim.
فيتامين H (بيوتين biotin)	غير معروف ويوصى بـ ٠,١٥-٠,٣٠ ملى جرام	هام فى نشاط العديد من الإنزيمات المرتبطة بتمثيل الطاقة	الكبد، السمك، الذرة، الدجاج، البازلاء، السبانخ.
فيتامين B12	غير معروف ويوصى بـ ٠,٠٠٣ ملى جرام	هام فى نمو العظام وإنتاج خلايا الدم الحمراء.	الكبد، اللحم.
فيتامين C (حمض الأسكوربيك Soscorbic acid)	٧٠ ملى جرام	هام فى تمثيل النسيج العضلى ونمو العظام، ويلعب دوراً فى وظائف الغدة الكظرية (غدة الأدرينالين)، وكذلك فمن المعتقد أنه يساعد فى استهلاك الأكسجين وإنتاج خلايا الدم الحمراء، ويقى من الإصابات فى الجهاز التنفسى، ويحسن من زمن الاستشفاء ويقى من التعب.	الليمون، البطيخ melons، الطماطم، النباتات الخضراء، البطاطس، الكرنب، cabbage وطبخ هذه العناصر قد يؤدى إلى تكسير بعض من فيتامين C فى الخضراوات، لذا فمن المهم أن تأكل هذه الأغذية فى حالتها الطبيعية، أو يتم تناولها فى شكل عصائر بدلا من طبخها.

تابع جدول (١٢)
الفيتامينات الأساسية

الفيتامين	الاحتياجات اليومية	الفعالية	المصادر
فيتامين "د" D	٠،٠١ ملى جرام	هـام فـى تكويـن العظـام والأسنان	الكبـد، البيـض، السـمك، الزبد، ضوء الشمس.
فيتامين"هـ" E	غير معروف ويوصى بـ٢٥-٣٠ ملى جرام.	شائع الاستخدام وهـام لأنـه مـن المعتقـد انـه يحسـن أداء التحمـل لـدى الرياضيون، ويمنـع (يقـى) مـن أمـراض الجهاز التنفسى والقلب، هـام فى إنتاج خلايا الدم الحمراء ويساعد فى الاستشفاء.	الـذرة، الخـس، الحبـوب، البيـض، الأرز، الخضـراوات الورقيـة، اللـبن، الحبـوب الزيتية.
فيتامين "ك" K	غير معروف ويوصى بـ٠،٠٣ ملى جرام	ضـرورى فـى عمليـة تجلـط الدم clotting of blood.	الخضراوات الورقية الخضراء، صفار البيض.
فيتامين "م" M (حمض الفوليك)	غير معروف ويوصى بـ٠،١-٠،٢ ملى جرام	هـام فـى إنتـاج خلايـا الـدم الحمـراء، واسـتهلاك الأكسـجين وتمثيـل الكربوهيدرات والبروتين.	الكبد، الخضـراوات الخضـراء الطازجـة، اللحـوم الخاليـة، جميع أنواع الحبوب.

فيتامينات B المركب The B-complex Vitamins:

يمثل هذا الفيتامين دورا هاما فى تمثيل الكربوهيدرات، فنقص فيتامين الثيامين (B1) ينتج عن تراكم حمض اللاكتيك والبيروفيك مما يؤدى إلى انخفاض النشاط العضلى، حيث قرر **مورهاوس، ميلر** & MORE HOUSE MEILLER (١٩٧١م) أنه قد لوحظ وجود نقص فى المجهود المبذول إذا كان غذاء الفرد ينقصه مجموعة فيتامين B المركب.

وتزداد متطلبات الجسم من الفيتامينات إلى ١٥ ضعف المستوى الطبيعى أثناء التدريب الرياضى الشديد، وهذا يشير إلى أن ٢٢،٥ مليجرام يوميا منها هام وضرورى لمواجهة متطلبات هذا التدريب. ويجب معاملة فيتامين B المركب كمجموعة، والمهم هنا أن الرياضيون يجب أن يحتوى غذائهم على ما يعادل

٢٠-٢٥ مليجرام من فيتامين B المركب، ومن الأغذية التى تحتوى على هذا الفيتامين الأرز rice والحبوب cereal واللبن والبيض والبطاطس والقمح wheat والفواكة واللحوم.

فيتامين "ث" C:

يعرف هذا الفيتامين بأنه فيتامين الضغوط Stress Vitamin لأنه مهم للمحافظة على البيئة الداخلية للجسم داخل الحدود المتوازنة والمتناسبة مع الضغوط الانفعالية، ويلعب هذا الفيتامين أيضاً دوراً فى التخلص من حمض اللاكتيك المتراكم أثناء التمرين الرياضى، هذا بالإضافة إلى أن هناك احتمال أنه يلعب دوراً فى المحافظة على المستوى الطبيعى للهيموجلوبين وتمدد الشرايين وتحسين خلايا الدم الحمراء، كما أن قدرة المنظمات الكيميائية Buffers تتحسن أيضاً عن طريق هذا الفيتامين.

ويقرر **كارليل** CARLILE فى دراسة على السباحين أن عدد (١٩٥١) سباح من السباحين الاسترالين يحتاجون إلى ١٠٠ مليجرام من فيتامين C يومياً أثناء التدريب الذى لا يشتمل على تدريبات القوة بصفة خاصة، وتبلغ الاحتياجات اليومية منه ٧٥ مليجرام. كما قرر **بركيفال** PERCIVAL (١٩٧٣م) حدوث تحسن فى أداء الرياضيون الروس عندما احتوى الغذاء على ١٠٠ مليجرام إضافى من فيتامين C يومياً. وتشير الدراسات التى تمت فى هولندا أن هناك تحسن فى مستوى أداء الرياضيون عند إضافة ٣٠٠ مليجرام من هذا الفيتامين يومياً على غذائهم.

ونظراً لأن حجم وشدة تدريب سباحى المنافسات كبيراً، فإنه من المفضل إضافة ٢٠٠-٣٠٠ مليجرام من فيتامين C على غذائهم، مما يفى باحتياجات التدريب، ويجب تجنب الكميات الكبيرة منه لأنه من المحتمل أنه يضّر الشخص بتكوين حصوات الكُلى Kidney stones. وكان من المعتقد فى السابق أن الزيادة فى فيتامين C تفرز فى البول، ولكن عُرِفَ الآن أن الكُلى تقوم بدور تصحيح

الـPH فى البول مرة أخرى، هذا بالإضافة إلى أن الجرعات الكبيرة من فيتامين C قد تؤدى إلى زيادة مستوى حمض اليوريك (حمض اليوريا) مما يسبب النقرص Gout، ويجب أن نعلم أن هذا الفيتامين قد يقى من الإصابة بالبرد وأمراض التنفس الأخرى، هذا بالإضافة إلى أن تناول أكثر من ٢٠٠-٣٠٠ مليجرام من فيتامين C لابد وأن يقابله تدريب أعلى يؤدى إلى زيادة المتطلبات من هذا الفيتامين.

فيتامين "هـ" E:

اعتبر هذا الفيتامين لسنوات عديدة أنه الفيتامين الفعال فى تحسين أداء التحمل، ولكن لم تؤيد الأبحاث ذلك، بل أن هناك دلائل حديثة تشير إلى أن الجرعات الزائدة من هذا الفيتامين قد تقلل من مستوى التحمل لدى الفرد الرياضى.

ويعتقد أن تحسن مستوى التحمل نتيجة فيتامين E يتمثل فى تحسين عملية تبادل الأكسجين عن طريق زيادة انتشاره فى الدورة الدموية والشعيرات الدموية، وقد قرر **كيورتون** CURETON ١٩٧٢م أن هناك تحسن فى مستوى التحمل إذا تناول الفرد أغذية تحتوى على القمح والبذور والزيوت، حيث إنها المصدر الجيد لهذا الفيتامين، وعلى عكس هذه النتائج، فإن **تالبوت** TALBOT (١٩٧٤م) قرر وجود نقص فى مستوى الأداء عندما تحتوى أغذية السباحين على القمح والبذور والزيوت، ويؤيد هذا الرأى ما ذكره ماير Mayer (١٩٧٥م) من أن الجرعات الزائدة تُظهّر على الفرد علامات الضعف والوهن، كما أنها قد تسبب أيضاً الصداع والدوار والاضطرابات المعدية الوراثية Testiness Genetic Disturbance وانخفاض مستوى السكر بالدم (**هربرت** HERBERT ١٩٧٧م).

وعادة ما يتواجد فيتامين E فى الأغذية التى تحتوى أيضاً على الدهون الغير مشبعة Unsaturated fats وقد قرر ماير (١٩٧٥م) أن فيتامين "هـ" E نادراً ما ينقص لدى الإنسان، لذا لا نوصى بتناوله بجرعات زائدة.

فيتامين "أ، د" Vitamin A & D:

هذان الفيتامينان لا تحتاج أجسامنا إلى المزيد منهما، حيث يذوبان فى الدهون ويمكن تخزينهما فى الجسم، كما أن نقصهما بالجسم نادراً جداً.

فيتامين "ك" K:

تظهر أهمية هذا الفيتامين فى تجلط الدم Clotting of Blood، وهذا الفيتامين يذوب فى الدهون ويمكن تخزينه بالجسم، والحصول على المزيد منه غير ضرورى.

حمض البانتوثينك Pantothenic Acid:

هذا الحمض يذوب فى الماء كفيتامين، وله أهمية فى عملية التمثيل الهوائى للكربوهيدرات والدهون والبروتين، كما أنه يلعب دوراً فى التخلص من مظاهر الضغوط التى تظهر على الإنسان، وتزيد الحاجة إليه مع التدريب الرياضى، لذا يوصى العلماء بتناول جرعة إضافية منه من ١٠-٢٠ مليجرام يومياً.

فيتامين "م" M (**حمض الفوليك**) Vitamin M (Folic Acid):

يذوب هذا الفيتامين فى الماء، وله أهمية فى تكوين خلايا الدم الحمراء، وبالتالى فإنه قد يرتبط بزيادة حجم الأكسجين الذى يزود به الجسم، كما أنه يلعب دوراً فى عملية تمثيل الكربوهيدرات. هذا بالإضافة إلى أن الحاجة إلى هذا الحمض تزيد أثناء حدوث ضغوط على الفرد، ويوجد هذا الحمض فى معظم الأغذية، كما أن نقصه بالجسم قد يكون نادراً. وعلى الرغم من ذلك، فإذا كان الفرد يرغب فى الحصول على المزيد منه فتكون فى حدود ٠,٥-١ مليجرام يومياً كوقاية as a precaution ضد النقص الذى قد يسببه التدريب الرياضى.

فيتامين H (البيوتين) Vitamin H (Biotin):

هذا الفيتامين أساسى للنشاط الرياضى، لأنه يدخل فى تكوين الإنزيمات التى تلعب دوراً فى الحصول على الطاقة أثناء التمرين الرياضى، كما أنه يذوب فى الماء، وتحتوى الأغذية المعتادة على ٠,١٥-٠,٣٠ مليجرام منه ونقصه نادراً. ومع ذلك، فإذا كان الفرد يرغب فى الحصول على المزيد منه فيكون فى حدود ٠,٥-١ مليجرام يومياً.

ويتناول روبرت فرانك ROBERT FRANCE (٢٠٠٤م) كلاً من الفيتامينات التى تذوب فى الدهون والتى تذوب فى الماء بشئ من التفصيل، حيث يذكر أن الفيتامينات التى تذوب فى الدهون هى:

١- فيتامين "أ" A - ريتينول Retinol
٢-فيتامين "د" D - كالسيفيرول Calciferol
٣- فيتامين "هـ" E - توسوفيرول Tocopherol
٤- فيتامين "ك١" K1 - فيتوناديون Phytonadione
٥- فيتامين "ك٢" K2 - ميناكيونون Menaquinones
٦- فيتامين "ك٣" K3 - ميناديون menadione

والجدول التالى يوضح تلك الفيتامينات ومصادرها ووظيفتها.

جدول (١٣)

الفيتامينات التى تذوب فى الدهون ومصادرها الغذائية ووظيفتها

الفيتامين	المصادر الغذائية	الوظيفة
فيتامين "أ" A	حيوانية: الكبد - اللبن - المربى - الزيد. نباتية: الخضراوات الداكنة - الخضار - النباتات الصفراء - أو البرتقال.	المحافظة على النظر - المحافظة على صحة الجلد والأغشية - نمو العظام - سلامة جهاز المناعة.
فيتامين"د" D	حيوانية: البيض - الكبد - الحليب - السمك المقلى، ولا يوجد نباتية ضوء الشمس	تنظيم امتصاص الكالسيوم والفوسفور - بناء والمحافظة على سلامة العظام والأسنان - منع تشنج العضلات Tetany.
فيتامين"هـ" E	حيوانية: لا يوجد نباتية: الخضراوات الخضراء والورقية - السمن النباتى - زيوت الخضراوات - السلطة المتبلة - جنين القمح - البندق.	مضاد للأكسدة Antioxidant ويعتبر أساسياً لإنتاج وتكوين الخلايا وعلى الأخص خلايا الدم الحمراء.
فيتامين "ك" K	حيوانية: الكبد - اللبن. نباتية: الخضراوات- الكرنب.	تجلط الدم Blood Clotting.

أما الفيتامينات التى تذوب فى الماء، فيذكر **روبرت فرانك** (٢٠٠٤م) أنها:

١- حمض الفوليك	Folic acid
٢- حمض نيكوتيك (نياسين)	Nicotinic acid (niacin)
٣- فيتامين "ب١" B1 (هيدروكلورايد)	Thiamine hydrochloride
٤- فيتامين "ب٢" B2 (ريبوفلافين)	Riboflavin
٥- فيتامين "ب٦" B6 (بريدوكسين هيدروكلورايد)	Phridoxine hyrochloride
٦- فيتامين "ب١٢" B12 (كوبالامين)	Cobalamin acid
٧- فيتامين "ث" C (حمض أسكوربيك)	Ascorbic acid

والجدول التالى يوضح هذه الفيتامينات التى تذوب فى الماء ومصادرها ووظيفة كل منها.

جدول (١٤)

الفيتامينات التى تذوب فى الماء ومصادرها ووظيفتها

الفيتامين	المصادر الغذائية	الوظيفة
فيتامين "ب١" B1	حيوانية: اللحوم البقرية – الكبد – البيض – السمك. نباتية: البقوليات.	- تمثيل الكربوهيدرات وبعض الأحماض الأمينية. - المحافظة على الشهية للطعام وعلى وظيفة الجهاز العصبى.
فيتامين "ب١٢" B12	حيوانية: الكبد – الكلى – القلب – اللبن – الجبن. نباتية: الخضراوات الخضراء والورقية – الحبوب.	- يساعد على تحرر الطاقة من الطعام. - المحافظة على سلامة النظر. - المحافظة على سلامة الأنسجة الناعمة.
حمض النيكوتيك	حيوانية: اللبن – البيض – السمك – الطيور الداجنة.	- تمثيل الطاقة. - المحافظة على صحة الجلد والجهاز العصبى والجهاز الهضمى.
فيتامين "ب٦" B6	حيوانية: السمك – الطيور الداجنة – الكبد – الكلى – اللبن – البيض. نباتية: البقوليات.	- تحويل التربتوفان إلى نياسين Tryptophan to niacin. - تمثيل البروتين وتكوين الأحماض الأمينية الغير أساسية.

تابع جدول (١٤)
الفيتامينات التى تذوب فى الماء ومصادرها ووظيفتها

الفيتامين	المصادر الغذائية	الوظيفة
فيتامين "ب١٢" B12	حيوانية: الأطعمة البحرية – الطيور الداجنة – الكبد – الكلى – البيض – اللبن – الجبن. نباتية: لا يوجد.	- تكوين خلايا الدم الحمراء. - معالجة الانيميا الخبيثة. - تمثيل حمض الفوليك.
حمض الفوليك	حيوانية: الكبد – الكلى – اللبن. نباتية: الحبوب – الفواكة – الخضراوات الخضراء الورقية – السبانخ – البقوليات.	- تكوين كرات الدم الحمراء RBCs. - تكوين الجينات "الدنا" DNA.
نيوتين	حيوانية: اللبن – الكبد – الكلى – البيض. نباتية: البقوليات – الفواكة – الفول السودانى – الحبوب.	- مساعد أنزيم فى تمثيل الكربوهيدرات. - تمثيل الأحماض الأمينية. - تكوين النياسين من التربتوفان.
حمض البانتوثينك	حيوانية: البيض – الكبد – السلامون – الطيور الداجنة. نباتية: القرنبيط – الفول السودانى – الفطريات Mushrooms.	- تمثيل الكربوهيدرات والدهون والبروتين. - تكوين الأحماض الأمينية والكلسترول والهرمونات الاسترويدية.
فيتامين "ث" C	حيوانية: لا يوجد نباتية: كل الفواكة الليمونية – الطماطم – البطاطس – القرنبيط – البطيخ – الفراولة – الكرنب – الفلفل الأخضر.	- تمثيل الكربوهيدرات والدهون والبروتين. - تكوين الأحماض الأمينية والكلوسترول والهرمونات الاسترويدية. - منع نزيف اللثة – يساعد على شفاء الجروح. - تحرير هرمونات الضغوط – امتصاص مقاومة تأكسد الحديد (انتى أوكسيد الحديد). - مقاومة الأمراض المعدية.

والجدول التالى يوضح نموذج للأغذية وفقاً لتوجيهات المجلس الدولى الأمريكى والأكاديمية الدولية للعلوم.

جدول (١٥)
الاحتياجات الغذائية النموذجية وفقاً لتوجيهات المجلس الدولي الأمريكي والأكاديمية الدولية للعلوم

النوع	العمر بالسنوات	الوزن بالأرطال	الطول بالبوصة	السعرات الحرارية	البروتين بالجرام	فيتامينات تذوب في الدهون				فولكين ملليجرام	فيتامينات تذوب في الماء				
						ا ملليجرام	د ملليجرام	ه ملليجرام	ك ملليجرام		نيكين ملليجرام	ريبوفلافين ملليجرام	سيامين ملليجرام	فيتامين B ملليجرام	فيتامين B12 ميكروجرام
الأطفال	١-٢	٢٦	٣٢	١١٠٠	٢٥	٢٠٠٠	٤٠٠	١٠	٤٠	٠.١	٨	٠.٦	٠.٦	٠.٥	٢.٠٠
	٢-٣	٣١	٣٦	١٢٥٠	٢٥	٢٠٠٠	٤٠٠	١٠	٤٠	٠.٢	٨	٠.٧	٠.٦	٠.٦	٢.٥
	٣-٤	٣٥	٣٩	١٤٠٠	٣٠	٢٥٠٠	٤٠٠	١٠	٤٠	٠.٢	٩	٠.٨	٠.٧	٠.٧	٣
	٤-٥	٤٢	٤٣	١٦٠٠	٣٠	٢٥٠٠	٤٠٠	١٠	٤٠	٠.٢	١١	٠.٩	٠.٨	٠.٩	٤
	٦-٨	٥١	٤٨	٢٠٠٠	٣٥	٣٥٠٠	٤٠٠	١٥	٤٠	٠.٢	١٣	١.١	١.٠٠	١.٠٠	٤
	٨-١٠	٦٢	٥٢	٢٢٠٠	٤٠	٣٥٠٠	٤٠٠	١٥	٤٠	٠.٣	١٥	١.٢	١.٠٠	١.٢	٥
أولاد	١٠-١٢	٧٧	٥٥	٢٥٠٠	٤٥	٤٥٠٠	٤٠٠	٢٠	٤	٠.٤	١٧	١.٣	١.٣	١.٤	٥
	١٢-١٤	٩٥	٥٩	٢٧٠٠	٥٠	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٠	٤٥	٠.٤	١٨	١.٤	١.٤	١.٥	٥
	١٤-١٨	١٣٠	٦٧	٣٠٠٠	٦٠	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٥	٥٥	٠.٤	٢٠	١.٥	١.٥	١.٨	٥
بنات	١٠-١٢	٧٧	٥٦	٢٧٥٠	٥٠	٤٥٠٠	٤٠٠	٢٠	٤٠	٠.٤	١٥	١.٣	١.١	١.٤	٥
	١٢-١٤	٩٧	٦١	٢٣٠٠	٥٠	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٠	٤٥	٠.٤	١٥	١.٤	١.٢	١.٦	٥
	١٤-١٦	١١٤	٦٢	٢٤٠٠	٥٥	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٥	٥٠	٠.٤	١٦	١.٤	١.٢	١.٨	٥
	١٦-١٨	١١٩	٦٣	٢٣٠٠	٥٥	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٥	٥٠	٠.٤	١٥	١.٥	١.٢	٢.٠٠	٥
رجال	١٨-٢٢	١٤٧	٦٩	٢٨٠٠	٦٠	٥٠٠٠	٤٠٠	٣٠	٦٠	٠.٤	١٨	١.٦	١.٤	٢	٥
	٢٢-٣٥	١٥٤	٦٩	٢٨٠٠	٦٥	٥٠٠٠	-	٣٠	٦٠	٠.٤	١٨	١.٧	١.٤	٢	٥
	٣٥-٥٥	١٥٤	٦٨	٢٦٠٠	٦٥	٥٠٠٠	-	٣٠	٦٠	٠.٤	١٧	١.٧	١.٣	٢	٥
	٥٥-٧٥	١٥٤	٦٧	٢٤٠٠	٦٥	٥٠٠٠	-	٣٠	٦٠	٠.٤	١٤	١.٧	١.٢	٢	٦
سيدات	١٨ ٢٢	١٢٨	٦٤	٢٠٠٠	٥٥	٥٠٠٠	٤٠٠	٢٥	٥٥	٠.٤	١٣	١.٥	١.٠٠	٢	٥
	٢٢ ٣٥	١٢٨	٦٤	٢٠٠٠	٥٥	٥٠٠٠	-	٢٥	٥٥	٠.٤	١٣	١.٥	١.٠٠	٢	٥
	٣٥-٥٥	١٢٨	٦٣	١٨٥٠	٥٥	٥٠٠٠	-	٢٥	٥٥	٠.٤	١٣	١.٥	١.٠٠	٢	٥
	٥٥-٧٥	١٢٨	٦٢	١٧٠٠	٥٥	٥٠٠٠	-	٢٥	٥٥	٠.٤	١٣	١.٥	١.٠٠	٢	٦
الحمل Pregnancy				٢٠٠-	٦٥	٦٠٠٠	٤٠٠	٣٠	٦٠	٠.٨	١٥	١.٨	٠.١-	٢.٥	٨
الرضاعة Lactation				١٠٠٠-	٧٥	٨٠٠٠	٤٠٠	٣٠	٦٠	٠.٥	٢٠	٢.٠٠	٠.٥-	٢.٥	٦

ملحوظة:

١-المستويات المخصصة بالجدول تتجه نحو التغير وفقا للفروق الفردية بين الأشخاص الطبيعين ووفقا للبيئة.

٢-التدريب الرياضي يؤدى بالضرورة إلى زيادة المتطلبات من الفيتامينات.

٣-البوصة = ٢,٥٤سم = ٠,٠٢٥٤ متر.

٤-الرطل = ١٦ أونس = ٠.٤٥٤ كيلوجرام.

الأملاح Minerals:

تعتبر الأملاح المعدنية Organic Minerals عناصر غير عضوية Inorganic Elements من المواد الغذائية الأساسية، وجسم الإنسان يحتوى على أكثر من عشرون (٢٠) ملحاً، سبعة عشر (١٧) مصنفة كأملاح أساسية لحياة الإنسان، فبعض الأملاح مثل الزنك واليود والكلورايد تدخل فى تكوين الهرمونات ووظائف بعض الأجهزة الأخرى، فمثلاً الحديد فى الهيموجلوبين والميوجلوبين يساهم فى حمل الأكسجين لأنسجة الجسم، والبعض منه يتحلل كهربياً ويستخدم فى توليد الطاقة الكهربية التى يستخدمها الجسم فى نقل النبضات العصبية التى تسهل عملية الانقباض العضلى، كما أن الصوديوم والكلورايد والبوتاسيوم جميعها هام وأساسى لإرسال الإشارات العصبية وتحقيق الانقباض العضلى. أما البوتاسيوم فهو المنظم الرئيسى للتوازن الحمضى القلوى بالجسم، وكذلك فالكالسيوم والفسفور يلعبا دوراً أساسياً فى عظام الجسم والأنسجة الأخرى، وفى الحقيقة، فإن ٤٪ تقريباً من وزن الجسم يتشكل من الأملاح وخاصة التى صنفت كأملاح كبيرة أو التى صنفت كأملاح صغيرة Macrominerals or Microminerals.

فالأملاح الكبيرة توجد بكميات كبيرة فى الجسم – من ١٠٠ ملى جرام فأكثر، أما الأملاح الصغيرة أو ما تسمى بالعناصر النادرة فهى التى يحتاجها الجسم بكميات صغيرة، ومن الأملاح التى يحتاجها الجسم بكميات كبيرة مثل الكالسيوم والفسفور والبوتاسيوم والصوديوم والكلورايد والماغنسيوم، كما يدخل الكبريت ضمن هذه المجموعة ويمكنه أن يوجد متحداً مع الأحماض الأمينية، أما الأملاح النادرة مثل الحديد والكوبلت والمنجنيز والزنك والنحاس والسيلينوم والكرومنييوم والأودين والموليبدينوم Molybdenum والنيكل والفلورايد، والجدول التالى يوضح هذه الأملاح ووظائفها والمصادر الغذائية التى تحتويها.



جدول (١٦)

الاحتياجات اليومية من الأملاح ووظائفها ومصادرها الغذائية

الملح	الاحتياجات اليومية	الوظيفة	الأغذية التى تحتويها
الحديد	١٠-١٨ مليجرام	أساسى فى تكوين الهيموجلوبين وتبادل الأكسجين	الكبد- اللحوم المشفاة - الفواكه - الخضراوات
الكالسيوم	٨٠٠ مليجرام	يساهم فى بناء والمحافظة على العظام والأسنان - وأساسى فى تكسير الـATP وتحرير الطاقة اللازمة لانقباض العضلات، كما يرتبط بنقل الإشارات العصبية.	اللبن ومشتقاته - الخضراوات الورقية الخضراء.
الفوسفور	٨٠٠ مليجرام	بناء والمحافظة على العظام والأسنان، ويدخل فى تكوين أغشية الخلايا، وأساسى فى تمثيل الجلوكوز، ويلعب دوراً فى العديد من وظائف فيتامينات B المركب المتحد مع الفوسفور.	اللحم - السمك - البيض - اللبن ومشتقاته - البندق - البقوليات - الطيور الداجنة .
الكبريت	غير معروف يوجد مشبعاً مع الأحماض الأمينية والفيتامينات	هام فى تمثيل الكربوهيدرات وتكوين العديد من الأحماض الأمينية، ونقصه فى الغذاء يؤدى إلى نقص البروتين.	اللحم - السمك - اللبن - البندق - البقول - الجبن - الطيور.
الماغنسيوم	٣٥٠ مليجرام	نفس وظيفة الكالسيوم	البندق - البقول - الخضراوات الورقية الخضراء - الحبوب.
الصوديوم والكلورايد	٤،٥ جرام (المقدار اليومى الذى يتم تناوله ٦-١٩ جرام	يحافظ على التوازن الطبيعى للماء والتوازن الحمضى القلوى.	اللحوم - البيض - اللبن - الأسماك - ملح السفرة.
البوتاسيوم	غير معروف (المقدار اليومى ٢-٤ جرام)	نفس وظيفة الصوديوم + تنظيم النشاط العضلى العصبى	الفواكة - اللبن - اللحوم - الخضراوات - البقوليات - الحبوب.
الزنك	غير معروف (المقدار اليومى يشمل من ١٠-١٥ ملى جرام يومياً)	يساهم فى النمو الطبيعى، ويوجد فى معظم أنسجة الجسم، ويساهم مع الأنسولين فى تمثيل الكربوهيدرات.	اللبن - الكبد - القمح - الردة.



تابع جدول (١٦)
الاحتياجات اليومية من الأملاح ووظائفها ومصادرها الغذائية

الملح	الاحتياجات اليومية	الوظيفة	الأغذية التى تحتويها
اليود iodine	١٥ ملى جرام	يدخل فى وظيفة الغدة الدرقية.	ملح الطعام – الأغذية البحرية – الماء – الخضراوات.
النحاس copper	٢ ملى جرام	هام فى تكوين خلايا الدم الحمراء وأغشية الخلايا العصبية.	الكبد – البقول – اللبن – الحبوب.
المنجنيز	٣-٩ ملى جرام	مطلوب لقوة العظام، وأساسى فى وظيفة معظم الإنزيمات.	الحبوب – البندق – البقول – الفواكة – البنجر
الفلورين	غير معروف (المقدار الذى يجب أن يحتويه الغذاء من ١.٥-٢ ملى جرام يومياً.	هام للنمو والمحافظة على العظام والأسنان.	الماء – الخضراوات الورقية الخضراء – الأرز – فول الصويا.
الكوبلت	٣-٥ ملى جرام مثل فيتامين B12	هام فى تكوين خلايا الدم الحمراء.	الكبد – اللبن – الطيور الداجنة.

الحديد Iron:

إن نقص الحديد يؤدى إلى الأنيميا، حيث يؤدى إلى نقص محتوى خلايا الدم الحمراء من الهيموجلوبين. ونحن نعلم أن الهيموجلوبين هو الذى يحمل الأكسجين إلى العضلات، وعلى ذلك، فمثل هذا النقص قد يؤثر سلباً على التحمل حيث قرر كلاً من **بوسكيريك، هايمز** BUSKIRK & HAYMES (١٩٧٢م)، **شوبرت** SCHUBERT (١٩٧٧م) حدوث نقص فى الحديد لدى الرياضيين الإناث أثناء التدريب الشديد. كما يشير **ماك أردل وآخرون** MC ARDEL, et al., (١٩٨٠) أن ٣٠٪ من الرياضيين الإناث فى الولايات المتحدة يعانون من نقص الحديد. ونحن فى حاجة لمثل هذه الدراسة فى المجتمع العربى.

بينما يرى **ويلمور** WILMORE (١٩٧٧م) **وكوستل** (١٩٧٨م) عكس ذلك تماماً، حيث يؤكدا على أن حدوث الأنيميا بين الرياضيين قد يكون مبالغاً فيه

Exaggerated، حيث أن حجم البلازما يتجه نحو الزيادة فى حالة التدريب، حيث يقل تركيز الهيموجلوبين، وأن ظهور الأنيميا غير حقيقى ويسمونها بالأنيميا الكاذبة False Anemia .

ويعتبر الحديد مكون بنائى للميوجلوبين، ويظهر فى السيتوكروم Cytochrome (وهو أحد مكونات الخلايا) حيث أنها هامة فى نقل الأكسجين لداخل الخلايا العضلية. ويحتاج الرجال إلى ١٢ ملى جرام يومياً من الحديد، بينما تحتاج الإناث إلى ١٨ ملى جرام، والطعام الكافى المتوازن يحتوى على ٦ ملى جرام من الحديد تقريباً لكل ١٠٠٠ سعر حرارى. وبالنسبة للسباحون فإن طعامهم يجب أن يحتوى على ٣٠٠٠-٥٠٠٠ سعر حرارى، مما يجعلهم لا يحتاجون إلى إضافات أخرى منه. وإذا لزم الأمر، فيجب ألا تتعدى الإضافات عن ٦-١٢ ملى جرام كإحتياطى لأى عجز قد يحدث نتيجة التدريب. والمصادر الغذائية الغنية بالحديد هى الكبد، البيض، الخضراوات الورقية، الفاصوليا الجافة، الفواكه الجافة.

الكالسيوم Calcium:

يعتبر الكالسيوم من العناصر الأساسية فى نقل الإشارات العصبية وانقباض العضلات، فهو محفز لإنزيم ATPase كما يساعد فى عملية تكسير الـATP . ويتحد الكالسيوم مع الفوسفات ليكون العظام والأسنان القوية، بالإضافة إلى دورة فى المساعدة على تجلط الدم Clotting Blood ونقل السوائل خلال غشاء الخلية.

فالاحتياجات اليومية RDA تبلغ ٨٠٠ ملى جرام. فالكيلو الواحد من اللبن يحتوى على ١٠٠ ملى جرام كالسيوم. لذا، فلا يجب أن ينقص محتوى الغذاء منه. وقد أشار **كوستل** ١٩٧٨ إلى أن جرى المسافات الطويلة يومياً لا ينقص من تزويد الجسم بالكالسيوم. لذا، فإضافة هذا الملح للطعام ليس ضرورياً. ومع ذلك، فإذا أراد الفرد فى إضافته للطعام كإجراء وقائى، فإن

٢٠٠-٤٠٠ ملى جرام إضافى منه سوف يعوض أى نقص محتمل حدوثه. ويعتبر اللبن مصدرا غذائى غنى بالكالسيوم وكذلك الخضراوات الورقية الخضراء الداكنة **Dark Green Leafy Vegetables**.

البوتاسيوم، الماغنسيوم، الصوديوم، الكلورايد:

توجد هذه العناصر فى معظم الأغذية التى يتناولها الإنسان، ووفقا لذلك، فهناك احتمال ضعيف فى حدوث نقص فى أيا منها. فعادة ما يكون المطلوب من البوتاسيوم ٢٠٠-٤٠٠ ملى جرام يوميا، ٣٠٠-٣٥٠ ملى جرام يوميا من الماغنسيوم، ويقرر **كنوشيل، دوتين، هامبورجر** & KNOCHEL, DOTIN HAMBURGER (١٩٧٢م) حدوث نقص فى البوتاسيوم أثناء التدريب. ولكن فى دراسة لاحقة لم تؤكد هذه النتائج (**كوستل** ١٩٧٨م). وعلى ذلك، فإن الحاجة لإضافات منه غير مطلوبة. فالنقص فى البوتاسيوم يخل بالتوازن الحمضى القلوى بالجسم. ومع ذلك، فالرياضيون الذين يرغبون فى الحصول على إضافات منه كأجراء وقائى، يجب أن يحصلوا على ٢٠٠-٤٠٠ ملى جرام من البوتاسيوم ضمن طعامهم يوميا.

أما كلوريد الصوديوم المعتاد تناوله فيبلغ ٦-١٨ جرام يوميا ليعطى المتطلبات اليومية منه، بالإضافة إلى زيادة السعرات الحرارية التى يتناولها الفرد الرياضى يكفيها ٢٤ جرام من كلوريد الصوديوم، ونتيجة لذلك، فإن احتمال حدوث نقص فى الصوديوم احتمال ضعيف جدا، وبالتالى فلا ضرورة لأى إضافات منه.

الفوسفور Phosphorus:

يتوفر هذا العنصر فى الأغذية التى تحتوى على البروتين. وهو مطلوب لاعادة تكوين الـATP-CP من خلال عملية الفسفرة **Phosphorylation** التى تعتبر الخطوة الأولى فى عملية تمثيل الجلوكوز. ويلعب الفوسفور أيضا دورا فاعلا فى تخفيف حمض اللاكتيك.



ويشير كراوس، مانشير KRAUSE & HUNSCHER (١٩٧٢م) أن العديد من الفيتامينات فى مجموعة فيتامين B المركب تتحد فقط مع الفوسفور. وعلى ذلك، فنقصه يؤثر سلبا عن الأداء الرياضى. وعلى الرغم من ذلك، فالنقص المحتمل فيه أثناء التدريب الشديد لم يبحث بشكل تام. وعلى ذلك، فإنه من الحكمة إضافته إلى الطعام كإجراء وقائى فى حدود الـ٤٠٠-٨٠٠ ملى جرام يوميا.

الكبريت Sulfur:

يعتبر هذا العنصر أساسيا للعديد من الأحماض الأمينية. كما انه يظهر فى الأنسولين (وهو الهرمون الذى ينظم عملية التمثيل الغذائى للكربوهيدرات)، وهذا بالإضافة إلى أنه عنصر أساسى فى فيتامينات B المركب (الثيامين والبيوتين Thiamin & Biotin). لذا، ليس هناك حاجة لإضافة الكبريت إلى غذاء الرياضيين.

الكوبلت Cobalt:

يتحول هذا العنصر فى الجهاز الهضمى، حيث لا يمتص، واحتياجات الجسم منه اليومية قليلة جدا، حيث أنها تبلغ واحد ملى جرام، لذا، فنقصه نادرا باستثناء الأفراد النباتين بشكل كامل. ويجب أن نعلم أن تناول كمية كبيرة منه قد تسبب حالة البوليسيثميا **Polycythemia** (وهى عبارة عن زيادة إنتاج خلايا الدم الحمراء) وحالة الهيبربلسيا **Hyperplasia** (وهى زيادة عدد خلايا الدم الحمراء فى نخاع العظام) (كراوس، هنشير & KRAUSE HUNSCHER ١٩٧٢م). ولا ينصح بإضافات منه.

اليود Iodine:

إن نقص اليود يؤثر على وظيفة الغدة الدرقية ويؤثر سلبا على النمو. ومع ذلك، فإن الاحتياجات اليومية من هذا الملح منخفضة جدا حيث يبلغ ٠,١٥ ملى

جرام يوميا. لذا، فإن إضافة ٠,١٠ ملى جرام يوميا منه مطلوب كوقاية ضد نقصه فى الجسم. ويعتبر ملح الطعام المضاف إليه اليود هو أفضل مصدر غذائى له والذى يجب استخدامه فى طبخ الطعام، لذا، فالإضافات منه يجب أن تكون مضاعفة إذا لم يستخدم مع ملح الطعام.

الزنك Zinc:

يساعد هذا العنصر فى قيام الأنسولين بوظيفته، ويلعب دورا فى تمثيل الكربوهيدرات. ومع ذلك، فإن المقدار المطلوب منه للرياضيين فى التدريب من المحتمل أن يكون أكبر من المطلوب لغير الرياضيين. ولم تحدد الاحتياجات اليومية منه بشكل قاطع، ويرى بعض العلماء أن المطلوب منه يوميا يبلغ ١٠-١٥ ملى جرام. وقد ينصح بإضافة ١٠-١٥ ملى جرام أخرى إضافية لأن نقص الزنك يؤثر سلبا على النمو أى يضعف النمو **Growth Impair**.

الفلورين، النحاس، المنجنيز Fluorine, Copper & Manganese:

إن الاحتياجات اليومية من النحاس والمنجنيز ضئيلة، ومع ذلك، فنقصها نادرا، لذا لا نوصى بإضافات منهما، وتشير الأبحاث أن مقدار الفلورين المطلوب فى الطعام ٠,٢٥-٠,٣٥ ملى جرام. ويتوفر القدر الكافى منه فى الماء المحتوى عليه. ولذا لا نوصى بإضافات منه.

الفيتامينات والأملاح الإضافية Vitamin & Mineral Supplements:

إن نقص فيتامينات وأملاح معينة يمكن أن يؤثر بشكل ضار على الأداء الرياضى، حيث تشير دراسة **فان ديربيك وآخرون** VAN DERBEEK, et al., (١٩٨٤م) أن نقص فيتامين B المركب من غذاء الرياضيين يؤدى إلى نقص الـ Vo_2max بنسبة ١٦٪ بعد ثمانية أسابيع من التدريب. لذا، يشير العلماء أنه من الضرورى أن يحصل الرياضيون على المزيد من الاحتياجات اليومية من الفيتامينات والأملاح التى ترتبط بتمثيل الطاقة. ويحذر **ماجلشو** (١٩٩٣م) من



أن تناول الرياضيين للطعام المحتوى على جرعات كبيرة من فيتامينات وأملاح معينة وهو ما يعرف بالجرعات الكبيرة Megadosing.

وهذه لها أضرار تتمثل فى أن الدهون التى تذوب فيها الفيتامينات قد تتراكم بكميات تصل لدرجة السمية Toxic، وقد تسبب المرض أو الوفاة وذلك خلال شهور عديدة من حالة الميجادوز. والضرر الأخر يتمثل فى أن الرياضيون يعتقدون أن تناول هذه الإضافات من الفيتامينات والأملاح ضمن الغذاء يخل بالتوازن الغذائى اليومى الذى يجب أن يحتوى على الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والسوائل وفق احتياجات كل رياضى على حدة.

وكإجراء وقائى، فإنه لا يجب استخدام الفيتامينات والأملاح الإضافية إلا فى حالة نقصها بالجسم، ويجب عدم تناول الأطعمة سريعة الإعداد. لذا، فنحن لا ننصح بالجرعات الكبيرة منها أو تناول فيتامينات وأملاح إضافية والأفضل الاهتمام بالغذاء الجيد المتكامل، والحالة التى قد نوصى فيها بتناولها هى حالة التدريب الرياضى الشديد، كإجراء وقائى ضد حدوث نقص محتمل فيها نتيجة زيادة استخدامها فى عملية التمثيل الغذائى والتى يؤثر نقصها على الأداء الرياضى.

جدول (١٧)
الفيتامينات والأملاح الإضافية التى يحتاجها الرياضيون

الفيتامينات والأملاح	الجرعة الموصى بها يوميا
(١)) الفيتامينات:	
فيتامين "ب" B المركب	
فيتامين "ب١" B1	٢٠-٢٥ ملى جرام
ريبوفلامثين "ب٢" B2	٢-٤ ملى جرام (للسيدات فقط)
بيريدوكسين "ب٦" B6 *	٤-٦ ملى جرام
فولاكين	٢-٤ ملى جرام
كوبالامين "ب١٢" B12*	٢-٤ ملى جرام

* الإناث اللاتى يستخدمون حبوب منع الحمل يتناولون ضعف هذه الكمية المذكورة بالجدول.



تابع جدول (١٧)

الفيتامينات والأملاح الإضافية التى يحتاجها الرياضيون

الفيتامينات والأملاح	الجرعة الموصى بها يوميا	
حمض البانتوثينيك	١٠-١٥ ملى جرام	
فيتامين "ث" C	٤٠٠-١٠٠٠ملى جرام	
فيتامين "هـ" E	٤٠٠-١٠٠٠ I-U (وحدة دولية)	
بيتا-كاروتين	٥٠٠٠-٨٠٠٠ I.U (وحدة دولية)	
(٢) الأمـــلاح:	سيدات	رجال
الحديد	١٠٠-١٥٠ ملى جرام	٢٠-٥٠ ملى جرام
الكالسيوم **	١٠٠٠ ملى جرام	٥٠٠ ملى جرام
الماغنسيوم	٢٠٠-٣٠٠ملى جرام	٥٠-١٠٠ملى جرام
الزنك	١٠-٢٠ ملى جرام	١٠-٢٠ ملى جرام
المنجنيز	١-٢ ملى جرام	١-٢ ملى جرام
الكرومنينوم	١ ملى جرام	١ ملى جرام
السيلينيوم	٠.٢٠-٠.٥٠ ملى جرام	٠.٢٠-٠.٥٠ ملى جرام
اليود	٠.١٠-٠.٢٠ ملى جرام	٠.١٠-٠.٢٠ ملى جرام

إن الفيتامينات والأملاح التى قد يحتاجها الرياضيون بمقادير أكبر من المقادير الطبيعية هى فيتامينات "ب" B المركب، "ث" C ، "هـ" E ، الحديد، بيتا كاروتين **Beta-Carotene**، الكالسيوم، الزنك، الكروم، المنجنيز، السيلينيوم . ويبدو أن الإناث يحتاجن للحديد والكالسيوم بدرجة أكبر من الذكور، حيث إنهن يفقدن المزيد من هذه الأملاح من أجسامهم كل شهر مما يحدث عجز أساسى فيهما. كما ان الإناث يحتاجن أيضا للمزيد من المنجنيز بالمقارنة بالذكور لنفس السبب. وهناك أيضا الحاجة لمزيد من فيتامين "ب" B المركب، وذلك للسيدات اللاتى يستخدمن حبوب منع الحمل **Oral Contraceptives** .

ويلاحظ أن العديد من الرياضيون يضيفون إلى غذائهم قدرا كبيرا من فيتامين C، وهذا اعتقاد خاطئ وشائع بينهم، ولكن ليس هناك حاجة لإضافة أكثر من ١٠٠-١٥٠ ملى جرام يوميا .

** الإناث اللاتى لديهن الطمث Amenorrheic قد يتطلبن ١٥٠٠ ملى جرام.



إن الفيتامينات التى تذوب فى الدهون لا يجب إضافتها إلى غذاء الرياضيين، حيث أنها كما ذكرنا من قبل، تخزن فى الجسم وقد تصبح سامة toxic إذا كانت جرعاتها التى يتناولها الفرد الرياضى كبيرة ولفترة زمنية طويلة، ويجب على الرياضيون أن يراعوا أن تكون الكميات الإضافية التى يتناولونها من فيتامينات "أ، د، هـ، ك" (A, D, H, K) عند حدودها الدنيا، لأن المقادير الصغيرة من هذه الفيتامينات لا تسبب التسمم، حيث تشير الأبحاث أن الإضافات اليومية من ٢٠٠-٣٠٠ ضعف الاحتياجات اليومية من هذه الفيتامينات قد يؤدى إلى حدوث التسمم.

ويعتبر الحديد والكالسيوم من أهم الأملاح التى يجب أن يشملها برنامج الإضافات الغذائية للرياضيين، فالإناث يحتجن لـ١٠٠-١٥٠ ملى جرام إضافى من الحديد يوميا، ١٠٠٠ ملى جرام إضافى من الكالسيوم، والسيدات اللائى لم تنتظم لديهن الدورة الشهرية، فإنهن يحتجن لزيادة المقدار الإضافى اليومى الذى يتناولونه من الكالسيوم إلى ١٥٠٠ ملى جرام. وهذا يتطلب منهن تناول الأغذية ذات المصادر الإضافية من الكالسيوم مثل اللبن، لأن معظم إضافات (الفيتامينات – الأملاح) لا تحتوى على هذه الكمية. كما أن الكميات التى تؤمن الذكور ضد حدوث نقص الحديد هى ٢٠-٥٠ ملى جرام، ومن الكالسيوم ٥٠٠ ملى جرام.

أما الماغنسيوم فهو واحد من الأملاح التى يحتاج إليها الإناث بكميات أكبر بالمقارنة بالذكور، والسيدات اللاتى يستهلكن سعرات حرارية يومية أقل من ٣٠٠٠ سعر حرارى قد لا يستهلكن القدر الكافى من الماغنسيوم. ومع ذلك فإن القدر الإضافى الذى يوصى به العلماء هو ٢٠٠-٣٠٠ ملى جرام.

ومن الأملاح الأخرى التى يجب أن تشملها الإضافات اليومية هى الزنك (١٠-٢٠ ملى جرام)، المنجنيز (١-٢ ملى جرام)، الكرومينيوم (واحد ملى جرام)، والسيلينيوم (٠,٢٠ -٠,٣٠ ملى جرام)، ومن المحتمل أيضا اليود (٠,١٠ - ٠,٢٠ ملى جرام) إذا لم يكن متوفرا فى مياه الشرب.



ومن المهم بمكان، أن يغير السباحين من سلوكياتهم التى تتعلق بالغذاء، حيث يتناولون المزيد من الدهون فى حين يجب زيادة السعرات الحرارية التى يتناولونها فى شكل بروتين (١٠٠-٢٠٠ سعر حرارى يوميا)، وكذلك يجب زيادة الأشكال المختلفة من النشويات بمقدار ٦٠٠-١٠٠٠ سعر حرارى يوميا. كما يجب أن يتناولون ٦-١٠ أكواب من الماء أو بعض السوائل يوميا، ولا نوصى بالمشروبات عديمة السكر أو منزوعة السكر لأنها قليلة القيمة الغذائية.

مجموعة الخمس أغذية (المرشد الذكى لاختيار الطعام):

The Five Food Groups a Guide To Intelligent Food Selection:

يجب على الرياضيون ألا يقعوا فى خطأ الاعتقاد بأن الأملاح والفيتامينات الإضافية قد تجنب الفرد الحاجة اليومية للقدر الكافى من الكربوهيدرات والدهون والبروتينات والسوائل. وقد أوصت دائرة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية ١٩٩٠م بأساليب سهلة لاختيار الطعام الذى يحتوى على الغذاء الجيد. وقد شاع الشكل الأولى لهذه الخطة باسم "مجموعة الأغذية الأساسية الأربع Basic Four Food Groups" وقد عرفت هذه الخطة مؤخرا بعد التعديل "بمجموعة الأغذية الخمس (دائرة الزراعة، دائرة الخدمات الصحية والإنسانية)، والاختلاف الرئيسى بين هذه الخطة الجديدة والخطة السابقة (خطة الأغذية الأربع) ما يلى:

١- أن الفواكه والخضراوات أصبحت الآن مجموعتين بدلا من مجموعة واحدة، نظرا لأهمية الحصول على المزيد من كل منهما، حيث أنهما هامان كغذاء كامل.

٢- الحصص الإضافية من القمح والحبوب مثل الذرة والأرز التى أوصى بها تحتوى إلى حد بعيد على الكربوهيدرات والتى تعتبر المصدر الأول للطاقة اللازمة للنشاط البدنى، ومجموعة الخمسة أغذية هى:

- الحبوب المختلفة ومنتجات القمح (الحبوب ومشتقاتها).
- الفواكه.

- الخضراوات.
- اللبن ومنتجاته.
- اللحوم والطيور الداجنة والسمك.

والجدول التالى يشمل الأغذية التى تشملها كل مجموعة، والمقادير اليومية الموصى بها والأغذية التى تحتويها، فالعدد الأول بالعمود الثالث من الجدول يشير إلى الحد الأدنى الموصى به لغير الرياضيين، والعدد الثانى يشير إلى الاحتياجات الإضافية للسباحين البالغين الذين يتدربون تدريبا شديدا. أما الرياضيون الأصغر سنا وهؤلاء الذين يتدربون بدرجة أقل يجب أن يتناولوا عدد أكبر بعض الشئ من الحد الأدنى الموصى به لغير الرياضيين، بشرط ألا يتخطى المقدار المحدد الموصى به للرياضيون البالغون. ويلاحظ أن الموصى به للرياضيون من مجموعة الحبوب والقمح عند حدها الأعلى لأنها تحتوى على الكربوهيدرات، أما بالنسبة لمجموعة الفواكه والخضراوات واللحوم، فإنها تكون عند الحد الأدنى، حيث تكون الجرعات التى يجب أن يزود بها الرياضيون فى التدريب من الأملاح والفيتامينات والبروتين، أما الأغذية التى تحتوى على دهون عالية فيجب أن تظل عند المستويات الأدنى الموصى بها لغير الرياضيين.

جدول (١٨)

مجموعة الأغذية الخمسة

الغذاء	الأغذية التى تشملها	ما يوصى به يوميا	العناصر التى تحتويها
١- الحبوب المختلفة ومشتقاتها	القمح، الذرة، الأرز، الشعير، الخبز، المكرونة، العجائن، البرغل.	٦-١٥ جرعة (الجرعة تعادل شريحة من الخبز، أو نصف كوب من الحبوب، المكرونة ...الخ.	كربوهيدرات، بروتين، ثيامين، ريبوفلافين، حديد، نياسين.
٢- الفواكه	البرتقال، الموز، الكمثرى، التفاح، التين، الأناناس، الليمون الحامضى، العصائر المختلفة.	٢-٦ جرعات (الجرعة تعادل واحدة صغيرة من التفاح أو البرتقال ...الخ أو ثلث كوب من العصير.	كربوهيدرات، فيتامين A، فيتامين C، فولكين، الأملاح المختلفة.

تابع جدول (١٨)

مجموعة الأغذية الخمسة

الغذاء	الأغذية التى تشملها	ما يوصى به يوميا	العناصر التى تحتويها
٣- الخضراوات	الخس، القرنبيط، الحبوب الخضراء والصفراء (فاصوليا، فول) الجزر، الذرة، البطاطس.	٣-٧ جرعات (الجرعة تعادل كوب واحد من الأوراق الجافة الخضراء، أو نصف كوب من الأنواع الأخرى من الخضراوات.	كربوهيدرات، بروتين، فيتامينات "أ، ث، ب" A، C، B المركب، الفولكن، الأملاح المختلفة.
٤- اللبن ومشتقاته	اللبن، الجبن، الزبادى.	٢-٤ جرعات (الجرعة تعادل كوب لبن أو ١.٥ OZ أوقية.	بروتين، دهون، كالسيوم، فيتامين D، ريبوفلافين.
٥- اللحوم والطيور الداجنة والسمك	اللحم البقرى والعجالى، السمك، البيض، الدجاج، البازلاء، الفول السودانى، العدس، البندق.	٢-٤ جرعة (الجرعة تعادل ٣.٥ OZ (أوقية)	بروتين، دهون، ثيامين، حديد، ريبوفلافين، نياسين.

ويجب على السباحين أن يتجنبوا **Avoid** اللبن كامل الدسم والدهون والزيوت، حيث أنها تحتوى على تركيبه دهون عالية وكلوسترول، وفى المقابل يتناولون اللبن منخفض الدهون أو الخالى منه والجبن أو الزبادى الخالى من الدهون أو منخفض الدهن. فالكوب الواحد من اللبن الكامل الدسم يحتوى على ٨ جرام دهون فى مقابل ٥ جرام دهن فى نفس الكمية من اللبن منخفض الدسم. ويجب على السباحين الاقتصاد الشديد فى تناول الدهون والزيوت المشبعة **saturated** وذلك عند طهى الطعام، وكذلك تجنب تناول السلطة المتبلة بالزيوت المشبعة، كما يجب أيضا أن يحتفظوا بأفضل معدل للاستهلاك من السمن النباتى والمايونيز بحيث يكون عند حدة الأدنى، حيث أن القطعة الواحدة من كل منهما تحتوى على ١٠-١١ جرام دهن.



والملح أيضاً، يجب استخدامه باعتدال، وخاصة الصوديوم والكلورايد، فهما أساسيان فى الغذاء، لأنه من الملاحظ أن معظم الأشخاص يستهلكون معدلات أكبر من احتياجاتهم، فتناول كمية كبيرة من الصوديوم تؤدى إلى ارتفاع ضغط الدم، علماً بأن السباحين البالغين الصغار يحتاجون بطبيعة الحال لمزيد من هذه العناصر بالمقارنة بغير الرياضيين، ولا شك أن هؤلاء الأفراد سيكونون فى حالة أفضل إذا لم يكونوا ذو شهية للملح الشديد فى الطعام، لأن هذا مسبباً رئيسياً لأمراض القلب، فيكفى القدر المعقول من الصوديوم والكلورايد لسّد حاجة الفرد الرياضى دون مبالغة.

الأغذية النباتية Vegetarian Diets:

يتجه العديد من السباحين لتناول المزيد من الخضراوات وتقليل تناولهم للحوم الحمراء، وهذا الاتجاه فى الحقيقة مرغوب فيه Desirable حيث أن هذا يقلل من الدهون المشبعة، بالإضافة إلى أن الطعام الذى يشمل خضراوات كثيرة عادة ما يحتوى على كربوهيدرات أكثر، فالخضراوات غنية أيضاً بالبوتاسيوم والماغنسيوم وهما من الأملاح الهامة والضرورية لتمثيل الطاقة.

وليس معنى ذلك إهمال تناول العناصر الغذائية الأخرى فى وجبة الطعام، حيث يشير **بار Bar** (١٩٨٦م)، **سلافين، مك نامارا، لوتر** SLAVIN, MCNAMARA & LUTTER (١٩٨٦م) من خلال دراستهم أن ٣/١ الرياضيون تقريباً وجباتهم الغذائية نباتية أو شبه نباتية Vegetarian or Semivegetarian. فالرياضيون الذى لا يتناولون الخضراوات أو يتناولون خضراوات قليلة فى وجباتهم الغذائية اليومية، فإن ذلك يُحّدث اضطراب غذائى، ويؤدى إلى ضعف العظام وتضرر النسيج العضلى والإصابة بانقطاع الطمث Amenorrhea لدى الإناث، وذلك نتيجة أن غذائهم لا يوجد به المصادر المناسبة للبروتين الكامل (أى البروتينات التى تحتوى على الأحماض الأمينية الأساسية)، مما يقلل من البروتين اللازم لنمو الأنسجة وإعادة إصلاح التالف

منها. كما قد يؤدى ذلك إلى نقص امتصاص الحديد وكذلك حدوث زيادة فى الأمونيا نتيجة نقص مصادر حديد الدم. كما أن الزنك من الأملاح التى تقل فى الأغذية النباتية، كما أنها ينخفض فيها الكالسيوم وفيتامين "ب١٢" B_{12} وفيتامين "د" D على الرغم من تواجدهما فى اللبن ومنتجاته والخضراوات الخضراء داكنة الأوراق.

فالنباتيات من الإناث يتجهن لفقد المزيد من الاستروجين بالمقارنة بالغير نباتيات، ويظهر ذلك بوضوح فى البراز Feces، مما يؤخر الدورة الشهرية Menstrual (**جولدن وآخرون** GOLDEN, et al. ١٩٨٢م)، (**ثولتز، ويلكوس، هوى** SCHULTZ, WILCOX & HOWIE) هذا بالإضافة إلى أن السباحون خلال التدريب الشديد قد لا تفى الأغذية النباتية باحتياجاتهم من الطاقة.

أما الأفراد الشبة نباتين، فإنه يمكنهم تناول القدر الكافى من البروتين وكذلك الحديد من خلال تناولهم السمك والدجاج، حيث يتوفر فيها مجموعة من الأحماض الأمينية الأساسية، ويعتبر اللبن هو الغذاء الثالث بعد السمك والدجاج ولكنه يسبق اللحم البقرى Beef.

لذا، فالسباحون يمكنهم أن يستغنوا عن الوجبات الغذائية الحيوانية والمنتجات الحيوانية الأخرى دون تعرضهم لحدوث نقص فى البروتين أو الفيتامينات والأملاح. والنباتيون منهم بشكل كامل يمكنهم أن يختاروا غذائهم بحذر وعناية شديدة حتى لا يحدث أى نقص فى تلك العناصر، وهذا يتطلب أن يدرسوا جيداً الغذاء البروتينى بحيث يشمل تنوعاً كبيراً فيها حتى يحصلوا على الأحماض الأمينية الأساسية التى يحتاجونها يومياً، مثل الفاصوليا والفول السودانى والبندق وجميع أنواع الحبوب والفواكه الجافة والخضراوات الداكنة، وعلى الرغم من أن هذه الأغذية تعتبر مصادر ينقصها بعض العناصر، إلا أنها تمُد الجسم بالأحماض الأمينية الأساسية، فمثلاً الحبوب ينقصها حمض أمينى يسمى لاسين Lysin والبقوليات ينقصها

الكبريت **Sulfur**. ووفقاً لذلك، فمن الأهمية بمكان دمج هذه المكونات الغذائية معاً لتكمل بعضها بعضاً.

التطبيقات الغذائية التى تعزز التدريب:

Dietary Practices can enhance Training:

تتطلب فترات التدريب الشديد ذو الحجم والشدة العالية أن يتناول الرياضيون غذائهم بكميات كبيرة خلال هذه الفترات، حتى يمكنهم استعادة تكوين الجليكوجين المفقود أو حتى الدهون والمواد الغذائية الأخرى التى استهلكت أثناء التدريب، فتناول ٣ وجبات غذائية يومياً شئ أساسى لتحقيق هذا الغرض ولكن الأفضل تناول من ٤-٦ وجبات يومياً، وحيث أن سكر الدم يتجه نحو الانخفاض خلال من ٢-٣ ساعات بعد تناول الوجبة الغذائية، فإن تناول المزيد من الطعام بما يزيد عن ٣ وجبات فى اليوم قد يمنع حدوث الانخفاض فى سكر الدم ويجعل الرياضيون فى حالة أفضل خلال اليوم ويشعرون بمزيد من النشاط والحيوية، كما قد يفيد ذلك فى أن تكون استعادة جليكوجين العضلات والكبد المفقود تتم بسرعة أكبر من معدلاتها الطبيعية.

ويفضل العديد من العلماء أن يتناول السباحون الذين يتدربون مرتين يومياً من ٤-٦ وجبات صغيرة بدلاً من الـ٣ وجبات العادية الأكبر، لأن تناول الطعام على فترات متقطعة أكثر يساعد على المحافظة على جلوكوز الدم عند مستوى مرتفع، وكذلك يساعد على تحرير الجليكوجين من العضلات العاملة بشكل أسرع من جرعة تدريبية لأخرى تالية لها.

وإذا كان من المتعارف عليه أن جلوكوز الدم يتجه نحو الانخفاض خلال ٢-٣ ساعات بعد تناول الطعام، كما ذكرنا من قبل، ووفقاً لذلك، فإن تناول الطعام على فترات متكررة أكثر، كل ٥-٦ ساعات على الأقل، قد يحافظ على جلوكوز الدم عند مستوى أعلى حتى أن المزيد منه يمكن أن يدخل العضلات لتخزينه، بالإضافة إلى أن السباحين الذين يتناولون وجبات غذائية غنية

بالكربوهيدرات خلال ١-٢ ساعة بعد التدريب، فإن ذلك يعزز من معدل الجليكوجين المخزون بالكبد والعضلات عند استعادة تكوينه، وبناء على كل ذلك، فإنه من المفضل أن يتناول السباحون أكثر من الثلاث وجبات الرئيسية، وذلك بإضافة وجبات أخرى خفيفة، وتبقى مشكلة الوجبة الخفيفة، فى أن اختيار العناصر الغذائية فى هذه الوجبات يكون اختياراً خطأ. فقد يتناول السباح مشروبات الصودا بعد التدريب مباشرة ويختار الأغذية التى تحتوى على كميات كبيرة من السكر والدهون، ولا تحتوى على الأملاح والفيتامينات، ولكننا ننصح بأن يتناول السباحون الأغذية التى تحتوى على مركبات الكربوهيدرات والأملاح والفيتامينات وتكون منخفضة السكر والدهون.

وعندما يتدرب السباحين مرتين يومياً، فإن ذلك يزيد من استهلاك الطاقة بمقدار ٣٠٠-٥٠٠ سعر حرارى تستخلص من الكربوهيدرات السائلة أو الشبة سائلة Liquid or Semi Liquid Carbohydrate وذلك إذا لم يكن هناك الوقت لتناول الإفطار قبل التمرين الصباحى. ثم يلى التمرين الصباحى الإفطار الطبيعى. أو يتناول السباح وجبة خفيفة بعد التمرين الصباحى إذا كان قادراً على تناول طعام الإفطار المعتاد قبل هذا التدريب.

أما وجبة وقت الظهر، فيجب أن تحتوى على سعرات أقل من المعتاد، مع وجبة خفيفة فى منتصف النهار لتعويض السعرات الحرارية المفقودة التى استهلكت. ويستكمل اليوم بوجبة صغيرة إلى حدٍ ما عن الطبيعى من وجبة العشاء ووجبة خفيفة فى المساء، ويجب أن يدرك السباحون أن عملية تناول الـ٤-٦ وجبات يومياً، لا تؤدى بالضرورة إلى زيادة السعرات الحرارية بشكل متماثل بين السباحين، حيث أن السعرات التى يحتاجها الفرد قد تختلف عما يحتاجه الآخرون، المهم أن تكون هذه السعرات الحرارية ملائمة لمستوى التدريب. وفيما يلى ما أوصى به **ماجلشو** (١٩٩٣م) فى هذا الخصوص.

تناول ١ و ٢ وجبة Meals 1 and 2:

عندما يتدرب السباحون مرتين يومياً، فإنه يجب أن يتناولوا من ٣٠٠-٥٠٠ سعر حرارى من الكربوهيدرات السائلة أو الشبة سائلة قبل التدريب الصباحى، ثم بعده يتناولون الإفطار الطبيعى.

تناول ٣ و ٤ وجبات Meal 3 and 4:

إن وجبة الظهيرة يجب أن تحتوى على سعرات حرارية أقل من المعتاد، وتكون فى صورة وجبة خفيفة تشمل على الكربوهيدرات المركبة فى شكل سندوتشات وفواكة.

تناول ٥ و ٦ وجبات Meal 5 and 6:

تكون هذه الوجبات أصغر إلى حدّ ما من وجبة العشاء الطبيعية، ووجبة المساء تكون خفيفة أيضاً وتكون قبل نهاية اليوم بـ١-٢ ساعة مما يساعد على زيادة مستوى جلوكوز الدم طوال فترة الليل.

الوجبات الغذائية الخفيفة والمشروبات عالية الكربوهيدرات قبل وأثناء وبعد التدريب.
High carbohydrate snacks and Drinks before, during & after Training:

إنه من الأهمية بمكان المحافظة على المستوى الكافى من جليكوجين العضلة. وقد ترجع صعوبة تحقيق ذلك إلى حقيقة أن السباحين الذين يتدربون مرتين يومياً لا يملكون فترة ٢٤ ساعة بين الجرعات التدريبية حتى يمكنهم استكمال واستعادة تكوين كل الجليكوجين الذى استهلك. لذا، فالرياضيون الذين يتدربون باستمرار وينخفض لديهم جليكوجين العضلات العاملة، فإنهم فى هذه الحالة يخاطرون باستخدام بروتين هذه العضلات للحصول على الطاقة، وفى هذه الحالة فإن تناول وجبات خفيفة غنية بالكربوهيدرات قبل وأثناء التدريب، قد تمد الجسم بالجلوكوز المطلوب عندما ينخفض جليكوجين العضلات. كما أن الوجبات الخفيفة الغنية بالكربوهيدرات



بعد التدريب مباشرة يمكن أن يساعد على سرعة استعادة جليكوجين العضلات الذى استهلك.

ويذكر كلاً من **نوفير وآخرون** NEUFER et al., (١٩٨٧م) **شيرمان، بيدين، رايت** SHERMAN, PEDEN & WRIGHT (١٩٩١م) أن تناول الأفراد المحاليل الكربوهيدراتية (كربوهيدرات ذائبة) **Carbohydrate Solutions** قبل وأثناء التدريب يحسن الأداء بدرجة كبيرة، فأكدت إحدى هذه الدراسات تحسن زمن الأداء حتى الإنهاك بنسبة ١٧٪ (من ١٣٤ق - ١٥٧ق)، وفى دراسة أخرى، فإن الأداء أثناء سباقات الدراجات للمسافات الطويلة (٨٠ ميل) قد تحسن بنسبة ٥٪ (من ٢٥٣ق - ٢٤١ق) عندما تناول أفراد العينة مشروبات عالية الكربوهيدرات أثناء السباق (**سيفرت، لانجنيفيلد، رودج، بوشرت** SEIFERT, LONGENFELD, RUDGE & BUCHERT ١٩٨٦م).

وقد يرجع السبب فى تحقيق هذه التحسنات هو أن السوائل (المشروبات) الكربوهيدراتية حافظت على سكر الدم عند مستوى أعلى أثناء التمرين لدرجة أن المزيد منه أصبح متوفراً للعضلات من أجل الحصول على الطاقة، مما يساعد على المحافظة على المدّ المستمر للعضلات بالجلوكوز. وفى الحقيقة أن التحسنات الرئيسية فى الأداء فى مثل هذه الدراسات عادة ما تظهر فى النصف الأخير من المجهود (**ويلمور، كوستل** WILMORE & COSTILL ١٩٨٨م).

ومن خلال تلك الدراسات التى تمت على العدائين ولاعبى الدراجات يمكنا الاستفادة من استخدام المشروبات الكربوهيدراتية والوجبات الخفيفة قبل أو أثناء التدريب للسباحين للحصول على نفس الفوائد، مما يساعد على الحصول على الجلوكوز المطلوب للأداء، مما يجعلهم يؤدون التدريب بمدى أسرع خلال فترة الوحدة التدريبية التى تستمر لمدة ساعتين أو أكثر.



الوجبات الغذائية عالية الكربوهيدرات قبل التدريب:

High-Carbohydrate Snacks Before Training:

إن استهلاك ١٠٠-٤٠٠ جرام من العناصر الغذائية عالية الكربوهيدرات فى شكل صلب، أو ١٥٠-٢٠٠ مليلتر من مشروب عالى الكربوهيدرات، وذلك خلال ١-٢ ساعة قبل التدريب، قد يؤدى إلى زيادة قدرة الفرد الرياضى على أداء المجهود اللاحق. ويجب أن نعلم أن قطع الحلوى والمشروبات المحلاة (الشيكولا) تحتوى فقط على السكر، ولكنها ليست أفضل المصادر للوجبات الغذائية الخفيفة، ومن المفضل الأشكال المركبة أو النشويات من الكربوهيدرات مثل الحبوب المختلفة التى تحتوى على الجلوكوز أو بعض الأشكال الأخرى سهلة الهضم من الكربوهيدرات التى قد يفضل السباحون بعضها عن البعض الأخر، لأنها مغذية وتجعل تأثير الأنسولين ثابتاً لفترة أطول، مما يحافظ على مستوى الجلوكوز بالدم عالياً لفترة زمنية أطول.

المشروبات عالية الكربوهيدرات أثناء التدريب:

High-carbohydrate Drinks During Training:

أظهرت الأبحاث العلمية حدوث تحسناً دالاً وثابتاً فى الأداء عندما يستهلك الأفراد الرياضيون المشروبات عالية الكربوهيدرات أثناء التمرين. وكذلك أى مادة سائلة تحتوى على الكربوهيدرات، حيث أنها تساعد على المحافظة على مستوى جلوكوز الدم عالياً بدرجة مقبولة، وهناك أربع قواعد تحكم اختيار الفرد لهذه المشروبات وهى:

١- أنها يجب أن تحتوى على بعض من كلوريد الصوديوم، حيث أنه يساعد على استهلاك الجلوكوز.

٢- أن هذه المشروبات يجب أن تحتوى على قدر كاف من الكربوهيدرات للمحافظ على جلوكوز الدم عند مستوى عال أثناء التدريب.

٣- يجب أن تكون سهلة الهضم حتى تصل للعضلات بسرعة.

٤- يجب أن تكون جيدة المذاق Palatable.



وفيما يتعلق بكفاية الكربوهيدرات، فإن السباحون يحتاجون لاستهلاك من ٥٠-٦٠ جرام تقريباً من الكربوهيدرات كل ساعة تمرين حتى يمكنهم المحافظة على جلوكوز الدم عند مستوى عال. (**ماجين** MAUGHAN (١٩٩١م)، وفى هذه الحالة، فإنه من المفضل تناول كميات صغيرة من السوائل على فترات متقطعة متتالية، مما يساعد على المحافظة على جلوكوز الدم عند أفضل مستوى بالمقارنة بتناول هذه السوائل (المشروبات) مرة واحدة بجرعة كبيرة قبل التدريب، حيث يؤدى تناول المشروبات بكمية كبيرة مرة واحدة إلى نقل كمية كبيرة أيضاً من الجلوكوز إلى الدم فى فترة زمنية قصيرة، ولكن فى نفس الوقت، فإن هذا الجلوكوز سوف يستهلك بسرعة أيضاً، فالمقادير الأصغر من المشروبات وعلى فترات متقطعة سوف تمدّ الدم بالجلوكوز بمقادير أقل ولكنها سوف تكون مستمرة لفترة أطول على مدى الفترة التدريبية (الجرعة أو الوحدة التدريبية).

ووفقاً لذلك، يوصى العلماء بـ١٠٠-٢٠٠ مليلتر تقريباً من محاليل (مشروبات) الكربوهيدرات (الكربوهيدرات الذائبة)، على أن تكون نسبة ٥-١٠٪ تقريباً منه فى شكل جلوكوز وسكروز Sucrose أو المالتودكسترين Maltodextrins (وهو سكر ثنائى) لكى يحصل الفرد الرياضى على ٥٠-٦٠ جرام كل ساعة من احتياجاته من الكربوهيدرات أثناء التمرين (**ميشيل وآخرون** MITCHELL et al., ١٩٨٩م)، وهذا يعنى أن كل لتر يجب أن يحتوى على ١٠٠-١٤٠ جرام من إحدى المواد الكربوهيدراتية، كما يجب أن يحتوى أيضاً على ٢٠-٥٠ ملى مول من كلوريد الصوديوم الذى يعمل على تحفيز استهلاك الجلوكوز.

ويفضل العلماء الجلوكوز والسكروز والمالتودكسترين على الفركتوز، لأن قدرة الجسم على هضمها أكبر، وفى الحقيقة، فإن محاليل الجلوكوز البولى مير Glucose Polymer Solutions تخرج من المعدة بشكل أسرع بالمقارنة بالمحاليل الأخرى المكونة من الجلوكوز الحر، ولا يوصى العلماء باستخدام

الفركتوز لأنه قد يسبب التقيئ Vomiting والإسهال Diarrhea (**ماجين** MAUGHAN ١٩٩١م)، (**مورى وآخرون** MURRAY et al., ١٩٨٩م)، (**باول، سيفرت، إدى، موراى** POUL, SEIFERT, EDDY, & MURRAY ١٩٨٨م).

وهناك بعض التصورات الخاطئة Mission Captions حول المشروبات الرياضية sports drinks يجب علينا التخلص منها، حيث يشير **فوستر، كوستل، فينك** FOSTER, COSTILL & FINK (١٩٨٠م) أن المشروبات ذات التركيز ٢،٥٪ جلوكوز تخرج من المعدة بصورة أسرع بالمقارنة بالتركيزات الأخرى الأعلى، وتشير الدراسات الحديثة، أن التركيزات الأكثر من ١٠٪ تترك المعدة بسرعة أكبر مما هو معتاد.

وهناك معتقدات أيضاً حول درجة حرارة المشروبات، حيث يرى أصحاب هذا الاعتقاد أن المشروبات الباردة تخرج من المعدة بصورة أسرع من المشروبات الساخنة، بينما تشير الدلائل الحديثة أن حرارة المشروبات الباردة ليس لها تأثير على الفترة الزمنية المطلوبة لدخول سوائل الكربوهيدرات مجرى الدم (**ماك أرثر، فيلدمان** MCARTHUR & FELDMAN ١٩٨٩م).

ومن المفاهيم الخاطئة أيضاً، إن المشروبات التى يتناولها الرياضيون يجب أن يكون تركيز الالكتروليت (الأملاح) Electrolyte فيها مماثلاً لتلك التى توجد فى العرق Sweat، وفى الواقع، ليس هناك حاجة أن تكون الالكتروليت فى محاليل الكربوهيدرات (المشروبات) عالية، حيث ان كميتها التى فُقِدَت فى العرق قليلة بالمقارنة بما تبقى فى الجسم أثناء التدريب، ووفقاً لذلك، فإن الالكتروليت عادة ما تصبح ذات تركيز أكبر أثناء التدريب الرياضى. ويرى **ماجلشو** (١٩٩٣م) أن كلوريد الصوديوم هو الملح الوحيد الذى يوصى به، لأنه يؤثر على امتصاص الجلوكوز وليس نتيجة أنه فقّد مع العرق.

وقد تكون المشروبات الكربوهيدراتية التى يتناولها السباحون غالية الثمن، ومع ذلك، فإن الفوائد العائدة من تناولها تساوى هذا الثمن، لأنها تُزّيد من قدرة



الريـاضيون علـى التدريـب عنـد شـدة أكـبر . وليـس معنـى ذلـك أنـها تجعـل الرياضيون أقل عرضه للإصابة بالتدريب الزائد النـاتج عن نضوب الجليكوجين نتيجـة التدريـب عنـد الشـدات العاليـة. لـذا فـإن تنـاول السـباحون المشـروبات الرياضيـة المحتويـة علـى مركـب الكربوهيدرات قبل الذهـاب للتدريـب، تُعَدّ مـن الأفكار الجيدة، كما يمكنهم تناولها أثناء التدريب حينما يرغبـون فـى ذلـك، وذلـك بوضـع زجاجـة المشروبات علـى الأرض خارج حمام السباحة بجـانب حـارة السباح أثناء التدريب لتكون فى متناول يده حينما يريد.

الوجبات الغذائية الخفيفة ذات الكربوهيدرات العالية بعد التدريب:

High-Carbohydrate Snacks after Training:

عندما يتنـاول الريـاضيون وجبـة خفيفـة ذات كربوهيـدرات عاليـة خـلال ساعة أو ساعتين بعد التدريب فإن معـدل اسـتعادة جليكوجـين العضـلات سـوف يزيد إلى حدّ كبير. ومن ناحية أخرى، فإن معدل استعادة العضلة للجليكوجين سـوف يقـل بنسـبة ٣٣٪ إذا انتظـر السـباحون لأكـثر مـن سـاعتين بعـد التدريـب لتناول هذه الوجبة الخفيفة (**إيفى، كاتز وآخرون** IVY, KATZ, et al. ١٩٨٨م)، (**ماك دوجال، وارد، سال، سوتون** MAC DOUGALL, WARD, SALE & SUTTON ١٩٧٧م).

ويوصـى العلمـاء بتنـاول ١٥٠-٣٠٠ جـرام مـن المـواد الكربوهيدراتيـة سـهلة الهضم. كما يمكن تنـاول الوجبات الخفيفـة الأصغر كل ساعة بحيث تحتوى كل وجبة على ٤٠-٨٠جرام من الكربوهيدرات لمدة أربع ساعات بعد التدريب، فإن ذلك قد يجعل معدل استعادة تكوين جليكوجين العضلـة أسـرع (**إيفى، كاتز وآخرون** (١٩٨٨م)، (**إيفى، لى، بروزنيك، ريد** IVY, LEE, BROZNK, & REED).

إن تنـاول الكربوهيـدرات فـى شـكل السـكر أو النشـا يـؤدى إلى زيـادة سـرعة استعادة الطاقة بالمقارنة بالمقادير المماثلـة مـن الفركتـوز Fructose (**شيرمان، ماجلشو** SHERMAN & MAGLISCHO ١٩٩٢م).

التطبيقات الغذائية التى تحسن الأداء فى المنافسات:

Dietary Practices that May improve Performance:

الغذاء خلال يومين إلى ثلاثة أيام قبل المنافسة:

Eating Two-Three Prior to competition:

تمثل الوجبات التى يتناولها الرياضيون خلال الـ١-٣ أيام قبل المنافسة أهمية كبيرة بالنسبة للأداء أثناء المنافسة، لأنها ستلعب دوراً فى الجليكوجين الذى سوف يخزن فى العضلات العاملة، وبالتالى يمكن استخدامها فى المنافسة، فالرياضى يجب أن يكون لدية المخزون الكافى من الجليكوجين عند مستوياته الطبيعية أو أعلى عندما يشارك فى المنافسات الهامة. ولتحقيق ذلك، فإن السباحون يجب أن يزيدوا من الكربوهيدرات فى محتوى الوجبات الغذائية خلال فترة الـ٢-٣ أيام التى تسبق المنافسة مباشرة، ويستمر ذلك حتى تبدأ المنافسة، كما يجب أن يقللوا من الدهون والبروتينات فى هذه الوجبات خلال تلك الأيام.

فإذا كانت المنافسة التى يشارك فيها السباح مهمة، فإن كلاً من حجم وشدة التدريب يجب أن تقل خلال تلك الأيام، مما يساعد على المحافظة على مستويات الجليكوجين بالعضلة دون حدوث نقص قبل وقت المنافسة، أما إذا كانت المنافسة لا تتطلب إعداداً خاصاً، فإن الكربوهيدرات الإضافية التى يتناولها السباحون قد تقيهم من النضوب الكلى للجليكوجين أثناء التدريب الشديد، مما يوفر بعضاً منه بالعضلة لاستخدامه أثناء المنافسة.

وجبة ما قبل المنافسة The Pre-Competition Meal:

يرى العديد من العلماء ان هذه الوجبة يجب أن تكون قليلة جداً من أجل تحسين الأداء وتقليل الإحساس بالجوع، وفى المقابل يجب أن يزيد الشحن النفسى للسباح، وفوق كل ذلك، فإن هذه الوجبات الغذائية التى تسبق المنافسة يجب ألا تتعارض مع مستوى المجهود المبذول ولا تكون المعدة ممتلئة عند



المشاركة فى المنافسة مما يسبب الشعور بالغثيان Nausea. وشروط هذه الوجبة هى:

١- أن تكون صغيرة وسهل الهضم لدرجة أن الفرد الرياضى لا يدخل المنافسة والمعدة ممتلئة.

٢- يجب أن يكون محتوى طعام هذه الوجبة مألوفاً للسباحين وذو توابل قليلة وطهى جيد لا يسبب آلم فى الهضم.

ويوصى العلماء أنه يجب أن يكون حوالى ٥٠٠- ٦٠٠ سعر حرارى من وجبة ما قبل المنافسة من أشكال الكربوهيدرات المركبة والغير حريفة. والتى تتميز بسرعة هضمها والتى تصب Poured فى مجرى الدم بسرعة لاستعادة تكوين جليكوجين العضلة الذى يستخدم أثناء المنافسة.

ومن المتعارف عليه أن الدهون والبروتينات بطيئة الهضم، لذا فإن الأغذية المقلية Fried والمقادير الكبيرة من اللحوم يجب منعها، كما أن الكميات الكبيرة من الأغذية ذات الألياف العالية هى أيضاً غير مطلوبة، لأنها قد تسبب اضطراب فى المعدة. ومن الأغذية المفضل اختيارها لوجبة ما قبل المنافسة، التوست والفطائر والكعك المصنوع من الدقيق والحليب والبيض والرقائق Waffles والمكرونة بأنواعها المختلفة، أما المكرونة الاسباكيتى والبيتزا فهى من الأغذية الجيدة ولكن بحذر لأنها ليست الاختيار المفضل لوجبة ما قبل المنافسة، لأنها تحتوى على مقادير كبيرة إلى حد ما من الدهون والبروتين، وقد يستخدم فى إعدادها التوابل ، مما قد يسبب الإسهال Diarrhea أو الغثيان Nausea .

وقد كان الاعتقاد خلال السنوات الماضية أن وجبة ما قبل المنافسة من المفضل أن تتشكل من شريحة من اللحم البقرى المشوى Roast Beef، كما تحتوى القائمة أيضاً على البطاطس والخضراوات والشاى المحلى بالسكر أو العسل، وهذه الوجبة قد لا تؤثر تأثيراً خاصاً فى الأداء. ولكن بعض الرياضيين والمدربين يطالبون بذلك.

وفى الحقيقة،فإن تناول اللحوم قبل المنافسة مباشرة هو تقليد راسخ له جذور Roots فى أذهان الكثيرين، ويعتبر ضمن المعتقدات الخاطئة وأعراف تناول الطعام لدى الرياضيين، اعتقاداً بأن ذلك يؤثر إيجابياً على سرعة الأداء الرياضى وعلى مستوى القدرة والتحمل.

وكان هذا شائعاً فعلياً بين الرياضيين الرومانيين فى الدورات الأوليمبية قديماً، حيث كانوا يأكلون لحم الأسود لتنمية قدرتهم وسرعتهم وزيادة شجاعتهم Courage.

وقد انقرضت الآن فى عصرنا الحديث هذه الفكرة عن وجبة ما قبل المنافسة، فالبروتين صعب الهضم وقد يسبب الغثيان Nausea ، سواء قبل المنافسة أو بعدها. كما أن الدهون مثل البروتين، قد تؤثر سلباً على عملية التنفس وقد تحدث ضغطاً شديداً على الجهاز الدورى عندما يتناولها الرياضيون خلال ساعتين من التمرين الشديد (**كوستل** ١٩٧٨م COSTILL) .

ومن المقبول أن تكون كمية البروتينات والدهون فى وجبة ما قبل المنافسة قليلة، أما محتوى الوجبة من الكربوهيدرات فيجب أن تكون عالية، ويجب أن نعلم أن الكربوهيدرات فى وجبة ما قبل المنافسة لن تمد الجسم بالطاقة اللازمة للسباقات بشكل مباشر،حيث أن الطاقة التى يستهلكها السباح أثناء السباق ستكون جاهزة ومخزونة فى العضلات وفى الكبد، وهى ناتجه عن الكربوهيدرات التى تناولها السباح خلال الـ ٢-٣ أيام السابقة قبل البطولة مباشرة. والغرض الرئيسى من أن تكون وجبة ما قبل المنافسة غنية بالكربوهيدرات هو منع حدوث الغثيان أو الشعور بالجوع، بالإضافة إلى أن الكربوهيدرات التى يتناولها السباح قبل المنافسة تهضم وتتحول إلى جلوكوز يمكن للسباحين استخدامه فى استعادة تكوين جليكوجين العضلات والكبد الذى تم تمثيله أثناء المنافسات.

ويجب أن يتناول السباحون وجبة ما قبل المنافسة بـ ٣-٤ ساعات قبل بدء السباقات الخاصة بهم حتى يكون هناك الوقت الكافى لهضمها. ويجب أن نعلم

أن تلك الساعات الفاصلة بين الوجبة والمنافسة تجعل المصادر السائلة من الكربوهيدرات تستهلك خلال ٣٠ دقيقة قبل المنافسة دون ظهور أى علامات أو مؤشرات سلبية (**ماثيوس، فوكس** ١٩٧٦م MATHEWS & FOX).

وتتمثل وجبة ما قبل المنافسة فى أن تكون وجبة خفيفة وتحتوى على ٥٠٠ – ٨٠٠ سعر حرارى فقط، ولا تحتوى على توابل كثيرة، وخاصة أن الطعام ذو التوابل الكثيرة يؤدى إلى الغثيان . كما أن الكربوهيدرات فى هذه الوجبة يجب أن تكون فى شكل نشويات بدلاً من السكريات. ولا نوصى بتناول قطع الحلوى والعسل والعنب Dextrose حيث أن هذه الأطعمة عادة ما تسبب زيادة فجائية فى جلوكوز الدم، والذى قد يسبب خلال فترة زمنية قصيرة هبوط تعويضى Drop Compensatory فى جلوكوز الدم، مما يسبب التعب. فالسكريات تثير خلايا بيتاً فى جزر لانجرهانز الموجودة فى البنكرياس حتى يحرر الأنسولين. والتدفق الشديد للأنسولين يزيد من ترسيب الجلوكوز فى الكبد مسبباً هبوط فى مستوى جلوكوز الدم فى الوقت الذى تكون فيه العضلات فى حاجة إلية لمدها بالطاقة. وقد قرر **كوستل** ١٩٧٨م حدوث نقص فى زمن أداء المجهود البدنى حتى الإنهاك بلغت نسبته ١٩٪ وذلك عندما تناول أفراد العينة السكر قبل المنافسة أو التمرين فى حدود ٣٠-٤٠ دقيقة قبلها.

وتمثل السوائل الإضافية وجبة غذائية جيدة قبل المنافسة، لأنها تترك المعدة بسرعة، ويتوفر العديد منها تجارياً فى شكل سوائل أو بودرة، فهى تعتبر غذاء متوازن وكاف، ولكنه ليس غنى بالكربوهيدرات، ولكنها تُشّبع Satiate شهية السباحين Swimmers Appetites.

وإذا احتوت وجبة ما قبل المنافسة على كميات كبيرة من الأغذية الصلبة solid food، فإنه من الواجب تناولها قبل المنافسة بـ٣ ساعات على الأقل. كما أن المشروبات السائلة يمكن أن تمتص خلال ساعتين إلى ٥ دقائق قبل المنافسة وحتى أثناء الفترات الفاصلة بين المنافسات. وفيما يلى شروط نوصى بها لوجبة ما قبل المنافسة يجب مراعاتها:

١- يجب أن تحتوى على ٥٠٠-٦٠٠ سعر حرارى، وأن تمثل الكربوهيدرات فيها نسبة ٦٠-٧٠٪.

٢- تعتبر الأشكال المختلفة من النشا **Starch** من أشكال الكربوهيدرات المفضلة، ويجب تجنب الأغذية المقلية وذات التوابل الشديدة **Heavily Spiced**.

٣- يجب تناول هذه الوجبة قبل المنافسة بـ٣ ساعات تقريباً.

الوجبات الخفيفة سريعة الطاقة قبل المنافسة:

Quick-Energy Snacks Before Competition:

يقرر **ماجلشو** (١٩٨٢م) أنه من الشائع أن تناول الأغذية المحلاة أو الأغذية التى تحتوى على سكريات عالية قبل المنافسة يّضر بالأداء أثناء المنافسة لأنه من المعتقد أن السكريات تستهلك مباشرة قبل المنافسة، مما يسبب هبوط فى سكر الدم، مما يقلل من قدر الفرد الرياضى على أداء المجهود ذو التحمل العالى. كما أنه من المعتقد أيضاً أن الزيادة المباشرة فى إفراز الأنسولين واستهلاك العضلات للجلوكوز بعد الوجبة الخفيفة عالية الكربوهيدرات قد يؤدى إلى حدوث هبوط تعويضى فى كلاً منهما، مما قد يُحّد من مقدار الجلوكوز المتوفر للعضلات أثناء التمرين أو أثناء المنافسة.

وقد ظهر حديثاً أن هذه الافتراضات **Assumptions** غير صحيحة، فالدراسات العلمية الحديثة أظهرت أن تناول الأغذية سهلة الهضم ومصدر الكربوهيدرات قبل المنافسة مباشرة ليس لها تأثير ضار **Detrimental Effect**، وأشارت إحدى هذه الدراسات إلى ان تناول من ١-٢ قطعة شيكولاتة أو الأغذية المحلاة **Candy Bars** قبل سباق تحمل للدراجات بـ٣٠ دقيقة لا يساعد ولا يَضّر الأداء (**البريكى، فاريل، كريس إثرتون، شيفلى** ALBERICI, FARRELL, KRIS-ETHERTON & SHIVELY ١٩٨٩م).

وعندما يبدأ التمرين الرياضى فإن مستوى الأنسولين بالدم يصبح أعلى، ولا ينخفض لمستوى أقل من الطبيعى أثناء فترة أداء المجهود، فمقدار

الطاقة المطلوب أثناء التمرين يمنع حدوث نقص واضح فى الأنسولين وبالتالى انخفاض جلوكوز الدم. ووفقاً لذلك، فإن تناول السباحون الأغذية سهلة الهضم ذات المصادر السكرية مثل قطع الشيكولاته والمشروبات عالية الطاقة ... الخ) مباشرة قبل المنافسة **لا** يساعد **ولا** يعوق الأداء فى معظم سباقات السباحة.

وجبة ما بعد المنافسة The Post-Competition Meal:

لم تنل وجبة ما بعد المنافسة الاهتمام الكافى فى مجمل ما كتب عن هذا الموضوع (تغذية الرياضيين)، فهل هناك حاجة إلى وجبة عالية الكربوهيدرات أو إلى العديد من الوجبات الخفيفة عالية الكربوهيدرات بعد المنافسة مباشرة؟ وفى الحقيقة أن حالة الجسم توضح أن طعام الرياضى بعد السباق ليس مهماً، وكذلك فإن وجبة ما بعد المنافسة **لا** تؤثر على المنافسة، وهذا استنتاج صحيح، ولكنها من الأهمية بمكان للرياضيين الذين يتنافسون أو يتدربون خلال فترات زمنية قصيرة متتابعة. لذا فإن الوجبات الصغيرة عالية الكربوهيدرات هى التى يوصى بها **ماجلشو** (١٩٩٣م) بعد التدريب لأنها ستساعد على استعادة تكوين جليكوجين العضلة بصورة أسرع.

وأظهرت الأبحاث أنه إذا كانت السباقات التى يشارك فيها السباح قليلة، فإن نضوب جليكوجين العضلات العاملة يكون جزئياً (**ماك دوجال، وارد، سال، سوتون** MAC DOUGALL, WARD, SALE & SUTTON ١٩٧٧م). لذا، فإن بعض الأغذية الكربوهيدراتية التى يتناولها السباحون بعد التصفيات التمهيدية الصباحية مباشرة قد توفر تعبئة جزئية لفترة ما بعد الظهر. وبنفس المعنى، فإن الأغذية التى يتناولها السباحون بعد الظهر أو المنافسات المسائية سوف تؤدى إلى تعبئة العضلات بسرعة أكبر قد تفيد فى سباقات اليوم التالى.

ويذكر **إيفى، كاتز وآخرون** IVY, KATZ, et al., ١٩٨٨م) أنه يجب مراعاة الوقت المناسب الخاص بوجبة ما بعد المنافسة أو الوجبات الخفيفة، لأنه

يمثل أهمية كبيرة، حيث أنه - كما ذكرنا من قبل - يجعل استعادة تكون جليكوجين العضلة أسرع عندما يكون تناول هذه الوجبات خلال الساعتان الأولتان بعد التمرين أو المنافسة، ويرى العلماء أن وجبة ما بعد المنافسة يجب أن تحتوى على ٥٠٠-٨٠٠ سعر حرارى، وغالباً ما تكون فى شكل كربوهيدرات سهلة الهضم، حتى لا تستغرق أكثر من ساعة داخل المعدة وتبدأ فى الوصول للعضلات لتخزينها، بينما الوجبات الأساسية الضرورية يتم تخزينها بعد ٢-٣ ساعات.

إن الوجبات الصغيرة المتعددة ذات الكربوهيدرات العالية والتى نوصى بها بعد التدريب يمكن أيضاً أن تمّد الجسم بالجلوكوز الذى يحتاج إليه لاستعادة تكوين الطاقة، وهنا يفضل المصادر الكربوهيدراتية السائلة، لأنها تمتاز بسرعة هضمها، وتعتبر عصائر الفواكة والمواد الكربوهيدراتية الموجودة بالسوق فى شكل سوائل أو بودرة من الأشياء المفضلة لتحقيق هذا الغرض. ومن النصائح الجيدة المقبولة للسباحين فى هذا الخصوص تناول من ١-٢ كوب من هذه المواد بين فترات المنافسة كوقاية **Precaution** ضد نضوب جليكوجين العضلات العاملة، وفيما يلى قائمة بالأطعمة المتوفرة بسهولة والتى تحتوى على نسبة كربوهيدرات عالية.

الخبز	**Bread**	الموز	**Bananas**
الخوخ	**Peaches**	البطاطس	**Potatoes**
البرتقال	**Oranges**	عصير البرتقال	**Orange juice**
الحبوب (الذرة - الأرز)	**Cereal**	البسكويت الهش	**crackers**
الفطائر	**Muffins**	الفاصوليا، اللوبيا الجافة	**Baked beans**
البسكويت المملح	**Pretzels**	المكرونة	**Macaroni**
الأناناس	**Pineapple**	الحليب منزوع الدسم	**Skim milk**
المشمش	**Apricots**	مكرونة باللحم والخضراوات	**Chow mien**

الصيام قبل المنافسة Fasting before competition:

كان هذا من البدع التى ظهرت فى الرياضات التنافسية فى الماضى، حيث كان البعض يعتقد أن الامتناع عن تناول الطعام لمدة ١٢ ساعة أو أكثر قبل المنافسة يعبئ ميكانزم (آليات) عملية التمثيل الغذائى حتى أن المزيد من الطاقة يمكن توفيره للسباقات، ويعتقد البعض الآخر أن الصيام له تأثير واضح يجعل الجسم يقوم بوظائفه بصورة أفضل. وأياً كان الاعتقاد فهو خاطئ، حيث تشير بعض الدراسات أن الأداء الرياضى بعد الصيام يكون سيئاً بنسبة ٥٠-١٠٠٪ (**لوى وآخرون** LOY, et al. ١٩٨٦م)، (**نجيمان، كارلسون، براند، و ستاتر** NJEMAN, CARLSON, BRAND & STATER ١٩٨٧م).

زيادة النسيج العضلى وعلاقته بتحسن الأداء فى السباحة:

Increasing Muscles Tissue and its Relationship with Improving Swimming Performance:

يؤدى زيادة النسيج العضلى إلى تحسن القدرة وبالتالى سرعة السباحة لدى كلا الجنسين، وعلى الرغم من ذلك، فإنه أكثر فائدة للإناث بالمقارنة بالذكور، فالقوة النسبية هامة لكلا الجنسين، وقد تكون أكثر أهمية للإناث بالنسبة لعضلات الرجلين. ومع ذلك، فالإناث بصفة عامة لديهن مقادير أقل من النسيج العضلى بالمقارنة بالذكور، وقد يكون ذلك علامة على أسباب الاختلافات الواضحة فى السرعة بين الجنسين.

ووفقاً لذلك، فالسباحات يجب أن يهتمن بزيادة حجم عضلاتهن المستخدمة فى أداء السباحة التخصصية. وقد وجد **ستاجر وزملائه** STAGER & COLLEAGUES (١٩٨٤م) أن زمن سباق ١٠٠م حرة لمجموعة من السباحات ارتبط بشكل كبير بوزن أجسامهن الخالى من الدهن **Lean Body weights**، ويشير **ماجلشو** (١٩٩٣م) أنه لا توجد علاقة بين السرعة والنسبة المئوية لدهون الجسم.

إن السباحات الإناث فى حاجة لاكتساب النسيج العضلى، ولسن فى حاجة إلى تضخم هذه العضلات. والإناث مثل الذكور فى هذا الشأن، حيث يجب

أن يفهموا أن زيادة حجم العضلات غير مطلوب، ولكن المطلوب استثارة هذه العضلات بتدريب المقاومات والسرعة للمساعدة على نمو العضلات، كما يجب أن يعلموا أيضاً أن السعرات الحرارية التى يتناولونها تلعب دوراً فاعلاً فى ذلك.

ويشير سميث SMITH (١٩٧٧م) إلى أن الفرد الرياضى يحتاج لـ٢٥٠٠ سعر حرارى إضافى إلى جانب تلك التى تحتاجها متطلبات التدريب لاكتساب نصف كيلو جرام (واحد رطل تقريباً) من العضلة، وهذه السعرات الحرارية الإضافية يجب أن تزيد يومياً بمعدل ١٠٠-٣٠٠ سعر حرارى تقريباً لمدة من أسبوع إلى أسبوعين، وذلك لتوفير الوقت لحدوث نمو العضلات بدلاً من زيادة الدهون المتكونة. أن تناول المزيد من الطعام يومياً يؤدى فقط إلى زيادة السعرات الحرارية بصورة أسرع بالمقارنة بما يمكن استخدامه فى بناء العضلات، وبالتالى فالمقدار الزائد من الطعام سوف يتراكم كدهون.

وهنا يمكنا القول، أن الرياضيون يجب أن يراعوا أن يكون الحد الأقصى لزيادة النسيج العضلى يجب ألا يتخطى واحد كيلو جرام خلال عدة أسابيع قليلة، وهذا يتطلب أن تكون معظم السعرات الحرارية الإضافية التى يستهلكها الفرد خلال هذه الفترات يجب أن تكون فى شكل بروتينات كاملة تحتوى على جميع الأحماض الأمينية الأساسية، ولا يوصى العلماء باستخدام المواد الاسترويدية البنائية Anabolic Steroids بهدف زيادة النسيج العضلى وذلك لأسباب أخلاقية وصحية، فالاسترويدات البنائية هى مشتقات صناعية Synthetic Derivatives لهرمون التستسترون الذى له تأثيرات جنسية Androgenic وتأثيرات بنائية Anabolic، وتعرف التأثيرات البنائية Anabolic بأنها تساعد على نمو العضلات، أما التأثيرات الجنسية Androgen فهى تعمل على تنمية الصفات الجنسية الذكرية الثانوية Male Secondary Sex Characteristics ، أما لدى الإناث فإن هذه الاسترويدات تؤثر على شعر الوجه وعمق الصوت. ولدى الذكور، فإنها قد تسبب تضخم الخصيتين وتقلل من

إنتاج الحيوانات المنوية Sperm وتزيد من تضخم غدة البروستاتا Prostate Gland enlargement ، أما تأثيرها على كلاً الجنسين، فإنها تزيد من مخاطر Risk الإصابة بأمراض سرطان الكبد Liver Cancer والتهابات الكبد hepatitis ومرض الشريان التاجى بالقلب Coronary Heart Disease، وقد ظهرت حديثاً بعض الدلائل التى تشير إلى أن الاستروديات البنائية تسبب ضعف جهاز المناعة Weakened Immune System (**ويليامز** WILLIAMS ١٩٨٩م).

خطورة تناول الغذاء أثناء التدريب الشديد:

The Danger of Dieting During Hard Training:

إن أداء الرياضيون للتدريب الشديد يعرضهم لنضوب الجليكوجين من العضلات مما يؤدى إلى زيادة استخدام البروتين (**ليمون، مولين** LEMON & MULLIN ١٩٨٠م) مما قد يؤدى إلى فقد مقدار كبير من النسيج العضلى، ويصاحب ذلك نقص شديد فى القوة والتحمل.

ولاشك أن السباحين أصحاب الوزن الزائد، يجدون صعوبة عندما يؤدون التدريب الشاق، ولحسن الحظ أن هناك احتمال أن يفقد السباحون حجم كبير من وزن أجسامهم دون حدوث نقص فى السعرات الحرارية التى يتناولها عن السعرات التى ينفقوها يومياً، فعندما يؤدون التدريب الذى قد يؤدى إلى حدوث تضخم فى العضلات العاملة، فإن ذلك سوف يستهلك جزء من الغذاء الذى يتناولونه، بالإضافة إلى حصولهم على الطاقة الإضافية المطلوبة للوفاء باحتياجات التدريب من الدهون المخزونة.

ومن المحتمل أن يبدأ السباحون الموسم التدريبى ولديهم وزن زائد فى حدود ١-٣ كيلوجرام والذى ينتج عن التوقف عن التدريب خلال الفترة الانتقالية بعد نهاية البطولة، وهذا لا يمثل خطورة أو قلق. المهم أن لا يزيد ذلك الوزن عن هذه الحدود فوق مستوى الوزن المثالى، أما بالنسبة للإناث،

ونظراً لقابلية أجسامهن للزيادة، يجب أن يؤدين أى عمل هوائى منخفض ومؤثر مثل الجرى الخفيف أو ركوب الدراجات وذلك خلال الفترة الانتقالية كطريقة لمنع حدوث زيادة الدهون وبالتالى زيادة وزن الجسم، ويشير **ماجلشو** (١٩٩٣م) أن الأنشطة الرياضية الأرضية الأخرى تمنع زيادة الوزن وقد تسبب فقّد أكبر فى وزن دهون الجسم بالمقارنة بالتدريب المائى، هذا إذا ما تساوى فى شدة وفترة استمرارية التدريب.

ومن الأهمية بمكان خلال فترة التوقف عن التدريب، أن يقلل السباحون من السعرات الحرارية التى يتناولونها حتى تتلاءم مع السعرات الحرارية المنفقة، وهى لا شك قليلة خلال هذه الفترة، كما يجب أيضاً أن يؤدوا خلال هذه الفترة ممارسة بعض التمرين وعلى الأخص من الرياضات الأخرى والألعاب المختلفة، وذلك من أجل المحافظة على ما لديهم من مكتسبات بدنية.

وفى حالة تعرض السباحون للمرض أو الإصابة، فإنه من الضرورى على السباحين أن يقللوا من السعرات الحرارية التى يتناولونها، كما يؤدوا بعض تمرينات المقاومة التى لا تؤثر سلباً على أجزاء الجسم أو التمرينات الأيزومترية (الثابتة) حيث أنها مفضلة بالمقارنة بأنواع التمرينات الأخرى.

وإذا اكتسب السباح وزن زائد نتيجة تناوله الطعام خلال التدريب، فإن مستوى الطاقة سوف ينخفض وبالتالى لن يستطيع السباح المحافظة على أداء التدريب بالشدة المطلوبة على الرغم من تحسن الحالة البدنية للسباح، هذا بالإضافة إلى أن هناك خطورة ناتجة عن عدم كفاية جليكوجين العضلة، وتتمثل فى أن ذلك قد يجعل الجسم يستخدم البروتين بكميات أكبر للحصول على الطاقة اللازمة، مما قد يؤدى إلى فقّد جزئى للنسيج العضلى. وفى هذه الحالة، فإن كلاً من قدرة وتحمل العضلات العاملة سوف تتأثر سلباً. ويعتبر النتروجين هو المؤشر لعملية تمثيل البروتين، فقد أجرى **بيزو** PEZO دراسة عن وجود النتروجين فى بول السباحين الجامعيين بعد فترات

التدريب الصباحية فى حالة عدم تناولهم الطعام لمدة ١٢ ساعة، وأظهرت النتائج وجود مستويات عالية من النتروجين فى البول. وقد يشير ذلك إلى تمثيل النسيج العضلى أثناء التدريب، بينما السباحون الذين تناولوا الطعام والذين يتدربون مرتين يومياً، فإن عملية التمثيل ستكون للدهون للحصول على الطاقة.

دهون الجسم والأداء فى السباحة: Body fat and Swimming Performance

يشعر العديد من السباحون أنهم يتنافسون فى البطولات بشكل أفضل عندما يكون وزن أجسامهم نموذجيا. وهذا محتمل لأنه من المرغوب فيه أن يكون النسيج العضلى نموذجياً وعند حدة الأقصى وخاصة العضلات العاملة أثناء السباحة، ولا يكون هناك دهن زائد. وهذا يجعل القدرة الناتجة أثناء الأداء أكبر. ومع ذلك، يجب أن نعلم أن زيادة التضخم وخاصة فى العضلات الغير عاملة يعادل زيادة الدهن، وهذا لاشك يُزّيد من المقاومة التى تواجه السباح أثناء الأداء.

فالوزن المثالى للفرد الرياضى التنافسى سوف يتحقق عند ما يصبح لدى الجسم الأنسجة العضلية الكافية لإنتاج القوة الدافعة المطلوبة لقطع مسافة السباق فى أقل زمن ممكن، ولا شك أن النسبة المئوية لدهون الجسم المسموح بها تختلف من رياضة إلى أخرى وما يزيد عنها يعتبر دهن زائد يجب التخلص منه، ويشر **سكوت وهولى** ١٩٩٤م SCOTT & HOWLEY أن هناك علاقة عكسية بين دهون الجسم ومستوى الأداء، وإن النسبة المقبولة للأصحاء الغير رياضين ١٠- ٢٠٪ للذكور، ١٥٪ - ٢٥٪ للإناث.

جدول (١٩)

النسبة المئوية لدهون الجسم للرياضيين الكبار.

نوع الرياضية	إنـــاث			ذكــــور		
	ماجلشو ١٩٩٣م	سكوت وهولى ١٩٩٤م	لامب ١٩٨٤م	ماجلشو ١٩٩٣م	سكوت هولى ١٩٩٤م	لامب ١٩٨٤م
عداءى المسافة	٦-١٤٪	١٥.٢- ١٩.٢٪	١٥.٢ — ١٦.٨٪	٤-٨٪	٣.٧ — ١٨٪	١.٤ — ٥٪
المصارعون	-	-	-	٤- ٨٪	٤- ١٤.٤٪	١.٢ — ١٢.٧٪
لاعبى الجمباز	٨-١٤٪	٩.٦ — ٢٣.٨٪	١١- ١٤.٧٪	٦ — ١٠٪	٤.٦٪	٧- ٩.٩٪
السباحين	٨-١١٪	٢٠.٣٪	١٤.٥ — ١٦.٦٪	٦ — ١٢٪	٥- ٨.٥٪	٩ — ١٢٪
لاعبى كرة السلة	١٢-٢٠٪	٢٠.٨ —٢٦.٩٪	-	٨- ١٢٪	٧.١ —١٠.٦٪	٨.٤ — ١٣.٢٪
لاعبى كرة القدم:						
-حراس المرمى	-	-	-	٥- ١٠٪	١٣.٧٪	١٥.٦٪
-لاعبى خط الظهر	-	-	-	١٠ — ١٦٪	٩.٤ — ١٢.٤٪	٩.٦٪
-لاعبى خط الهجوم	-	-	-	١٢- ٢٠٪	١٥.٥ —١٩.١٪	١٤٪
لاعب التنس	١٢-١٦٪	٢٠.٣٪	-	-	١٥.٢ — ١٦.٣٪	-
لاعبى الرمى (قرص مطرقة)	-	-	٢٧ — ٣٣.٨٪	-	-	٢٩.٤ -٣٠.٩٪
لاعبى الكرة الطائرة	١٣-٢٣٪	٢١.٣ -٢٥.٣٪	٢٥.٣٪	-	-	-

ومن المفضل للسباحين أن تكون دهون الجسم تحت نسبة الـ ١٥٪ نظراً للحجم الكبير من التدريب الذى يؤدونه، فمعظم السباحين المصنفين عالمياً الذكور تنحصر نسب الدهن لديهم ما بين ٦ — ١٠٪ من وزن الجسم. وكما ذكرنا من قبل، فإن الوراثة هى التى تحدد بشكل أساسى هذا المدى. ويجب أن نعلم أن نقص الغذاء الذى يؤدى إلى نقص جليكوجين للعضلات العاملة وعملية المد بالجلوكوز قد يؤدى إلى تلف النسيج العضلى وتضرره، مما يؤدى إلى فقد التحمل والقدرة، مما يُضعف مستوى الأداء إلى حد كبير.

أما بالنسبة للإناث الغير رياضيات، فالمدى المقبول لديهن من نسبة الدهن تنحصر ما بين ٢٤ — ٢٥٪ من وزن الجسم. والحجم الأساس من الدهون

لديهن أعلى إلى حّد ما مما لدى الذكور. وقدّرَ بعض الخبراء مستوى الدهن الأساسى للإناث بـ ١٢٪ وهذا المقدار عال إلى حد ما. حيث أن النسبة المئوية لدهون الجسم لدى بعض الإناث من سباحات المسافة تبلغ ١٠٪ فأقل (**ويلمور، كوستل** ١٩٨٨م WILMORE & COSTILL).

وقد قَدّرَ العلماء حجم دهون الجسم لدى السباحات المصنفات عالمياً ما بين ١٥ - ٢٠٪ (**هيوسنر** ١٩٨٥م HEUSNER)، ومن الأهمية بمكان أن نفهم أن بعض السباحين قد يكون أدائهم أفضل عندما يكونوا عند الحد الأعلى للقابلية الوراثية لديهم Hereditary Predisposition التى تتجه لتخزين المزيد من دهون الجسم. وهناك العديد من التقارير العلمية حول السباحات البالغات اللاتى يطلب منهن تقليل نسبة الدهن لديهن إلى ١٦٪ أو أقل، لأن هذا هو الحد الأدنى للمدى المسموح به للسباحات الأوليمبيات. وعملياً نحن لا نوصى بذلك، حيث أن هناك بعض السباحات اللاتى لديهم وزن زائد ولكن هذا الوزن الزائد مناسب لهن وفقاً للميل أو القابلية الوراثية لديهن، وفى هذه الحالة، فمن الخطأ أن نطالب هؤلاء السباحات إنقاص وزنهن، لأن العديد منهن يتناولن سعرات حرارية أقل من تلك السعرات التى ينفقونها أثناء التدريب (**فان إيرب - بارت وآخرون** ١٩٨٩م VAN ERP - BAART, et al.) وهذا مؤشر جيد على أن لديهن ما يسمى بالتوازن السلبى للطاقة Negative – Energy Balance ووفقاً لذلك، فليست هنا حاجة إلى تناولهن المزيد من الطعام.

ويوصى العلماء ألا نستخدم إجراء مقاييس التكوين الجسمى للسباحات لتقدير النسبة المئوية لدهون الجسم، ولكن نستخدمه لتقدير التغيرات الحادثة فى النسيج العضلى نتيجة للتدريب سواء المائى أو الأرضى، حيث أن الزيادة فى النسيج العضلى يعتبر مؤشراً جيداً على زيادة القوة التى تلعب دوراً فاعلاً فى زيادة القدرة وسرعة السباحة.

وظهر خلال السنوات الأخيرة الاهتمام بقياس التكوين الجسمى Body Composition للسباحين منذ عام ١٩٨٠م اعتقاداً أن زيادة النسيج العضلى لدى

الذكور، وتقليل دهون الجسم لدى الإناث قد يساعد كل منهما على أداء السباحة بصورة أسرع، وهذا إلى حد بعيد حقيقى فى الجزء الأول منة، ولكنة بعيد عن الحقيقة فى الجزء الأخير منه.

من غير المؤكد أن تدريب السباحين لمدة ساعتين أو أكثر يومياً يدعم زيادة الدهون فى أجسامهم، حيث أن هذا التدريب سيجعل السعرات الحرارية المنفقة كبيرة لدرجة أنهم يستخدمون بشكل مؤكد كل السعرات الحرارية التى تناولونها لإعادة تحرير الطاقة وتجديد الأنسجة. وفى الحقيقة، فإن السعرات الحرارية المطلوبة للتدريب عادة ما تكون كبيرة، وتكون المشكلة هنا، كيف نمنع فقد السباحين لأوزانهم، ولاشك أن التغذية أثناء التدريب ستكون هى الحل الأمثل المناسب لتعويض نقص السعرات الحرارية المتناولة بدرجة أقل من المنفقة والذى يمكن أن يؤثر سلباً على قدرة السباحين على الأداء.

وتعتبر الوراثة هى المحدد الرئيسى للدهون بالجسم. حيث أننا نرث **inherit** نمط جسمى محدد من آبائنا وأجدادنا والتى من ضمنها مقدار الدهون بالجسم . وهذا المقدار من الممكن أن تحدث له زيادة محددة إذا تناولنا الكثير من الطعام وقللنا من ممارسة الرياضة. كما أن أى محاولة لتقليل مقدار الدهن بالجسم تحت مستوى الحد الأدنى الذى نرثه قد تكون له نتائج خطيرة **Serious Consequences**.



ويشير العلماء أن المسموح به للذكور من دهون الجسم حوالى ١٥٪ من وزن الجسم، منها ٣٪ تعرف بـ الدهون الأساسية **Essential fat** لأنها مطلوبة حتى يمكن للجسم المحافظة على عمليات الحياة الطبيعية، فالدهون الأساسية تخزن فى الحبل الشوكى **Spinal cord** والمخ **Brain** والأعضاء المختلفة وأغشية الخلايا **Cell membranes**، فنحن لا نستطيع أن نخلص أجسامنا من الدهون الأساسية، ولا يجب أن نحاول أن نفعل ذلك عن طريق تقليل التغذية.

وفيما يلى ما أوصى به خبراء تغذيه الرياضين فى حالة التدريب الشديد.

١- اللبن ومشتقاته.

من ٣-٤ أكواب يومياً. القشدة Skim أو اللبن خالى الدسم يمكن تناولها ضمن الغذاء، لأنهما يحتوياً على دهون مشبعة أقل.

٢- اللحوم الخالية من الدهون.

من ١٧٠ – ٢٨٣ جرام يومياً، فهذا المقدار كاف بدرجة كبيرة حتى للرياضين ذوى الأجسام الضخمة، حتى فى معظم حالات التدريب الشديد. ومن المفضل تناول الدجاج – السمك – الكبد – اللحم العجالى بدلاً من اللحوم التى تحتوى على دهون مشبعة مثل اللحم الجاموسى والبقرى.

٣- الفواكه وعصائرها.

٦ جرعات يومياً، ويشترط أن تكون طازجة، والعصائر يجب أن تكون طبيعية غير محلاة بالسكر.

٤- الخضراوات الخضراء والصفراء. ٣ وجبات يومياً.

٥- النباتات المنتجة للحبوب. ١٢ مرة يومياً. ويمكن أن تكون فى شكل خبز، أرز، الخضراوات النشوية Starchy مثل البطاطس.

٦- الماء: ٤-٦ كوب يومياً.

ويؤكد الخبراء أن هذه التشكيلة الغذائية تعطى أفضل المقادير للعناصر الغذائية الأساسية، وكذلك السوائل بالكميات التى يحتاجها الرياضيون فى حالات التدريب الشديد. ولا يوصوا بالأغذية الغير مغذية. Nonnutritious والتى تحتوى على سعرات حرارية عالية مثل الحلوى Desserts, Sweets ومشروبات الألبان الدسمة Creamy dairy drinks.

ويشير **روبرت فرانس** ٢٠٠٤م ROBERT FRANCE أن مصلحة الزراعة بالولايات المتحدة (USDA) و إدارة الصحة والخدمات الإنسانية (HHS) تقدم النصائح التالية للرياضيين.

١- يجب المحافظة على الوزن المثالى.

٢- يجب أن يكون الفرد فى حالة نشاط يومياً.

٣-يجب من يختار الفرد الغذاء المناسب والمتنوع وخاصة الحبوب.

٤- يجب تناول الفواكه المختلفة والخضراوات يومياً.

٥- يجب المحافظة على أن يكون الغذاء فى الحدود الأمنه.

٦- يجب أن يكون الغذاء قليل الملح.

٧- يجب أن يكون الغذاء معتدل السكريات.

٨- يجب أن يكون الغذاء قليل الدهون والكلوسترول.

المكملات الغذائية. Ergogenic Aids.

هى مواد يمكنها أن تحسن الأداء وتجعله أكثر سهولة. وتوجد فى شكل غذاء وبعضها فى شكل كيميائى، كما يمكن تناولها فى صورة حبوب أو سوائل، كما توجد فى بعض الحالات فى شكل غازى، والمقادير التى يجب تناولها منها غير معروفة بدقة، فنجد بعضها يسبب عدم الراحة للرياضيين، والبعض الأخر قد يهدد حياتهم. ومع ذلك فهناك القليل منها الذى يحسن االأداء الرياضى وتحت ظروف محددة، ومن مكملات الطاقة **Ergogenic** الأكثر شيوعاً ما يلى.

١- مثير الجهاز العصبى (الأمفتامين) Amphetamines.

وهذه تعتبر من المواد المنشطة التى توصف طبيا **Prescription Drugs** والتى تعمل على استثارة الجهاز العصبى المركزى. وتستخدم بشكل شائع كمادة خامدة للشهية **Appetite Suppressants** ويستخدمها الرياضيون لمقاومة التعب **Combat Fatigue** وتحسين مستوى التحمل. وقد عرفت هذه المادة بعدة أسماء تجارية منها.

- حبوب الحيوية **Pep pills**.
- الأعلى **Uppers**.
- البينز **Bennies**.

- الأخضر Greenies.
- دكسيز Dexies.

ويبدو أن الأمفتامين يقلل من الإحساس بالتعب، وذلك نتيجة أنه يقلل من تأثير الألم الذى يشعر به الرياضيون خلال التدريب. وتشير العديد من الدراسات العلمية إلى أن هناك تحسناً فى مستوى التحمل ومستوى القوة وزمن رد الفعل عند استخدام هذه المادة. وتشير بعض الدراسات الأخرى إلى أن تأثير المكملات Ergogenic كان أكبر لدى الرياضين الغير مدربون جيداً، بينما الرياضيون المدربون جيداً فلم يكن استخدامها ضرورياً لتحقيق التحسن فى الأداء (**إيفى** ١٧٧ ١٩٨٣م).

ويشير بعض العلماء إلى أن الخطر (الضّرر) المحتمل من استخدام الأمفيتامين قد يفوق فوائدة المحتملة وبعض هذه الأضرار قد يصل لحدّ الموت الذى من الممكن أن يحدث عندما يستمر الرياضيون فى الأداء الرياضى الشديد عندما يتخطوا حدّ الإنهاك الطبيعى تحت تأثير هذه المادة (الأمفيتامين). وهذا احتمال قائم نتيجة أن الأمفيتامين لا يحسن القدرة الفسيولوجية للفرد، وفى مقابل ذلك، فهذه المادة من المحتمل أن تخفى الإحساس بالألم على الرغم من وجودة. كما أن الأمفيتامينات يمكن أن تكون سامة Toxic عند تناولها بكميات كبيرة. كما أن تعاطيها بإستمرار قد يصل بالفرد إلى مرحلة الإدمان Addictive.

٢ـ الأيفيدرين: Ephedrine.

هذه المادة من المواد التى تستخدم فى شكل وصفة طبية Prescription Form للأشخاص الذين يعانون من مرض الربو Asthmatic suffers وهذا يؤثر كثيراً مثل الأمفيتامين، وقد تؤدى إلى تحسن الأداء لنفس الأسباب التى ذكرناها من قبل.

٣ـ الكافين Caffeine.

يستخدم الكافين كمنبة، ولكن تأثيره أضعف بالمقارنة بالأمفتيامين والحد الأعلى المسموح به للاستخدام فى المنافسات الرياضية هو ١٥ ميكروجرام

لكل ملى لتر من البول، وهذا يعادل تناول من ٥-٦ فنجان قهوة خلال فترة زمنية قصيرة.

ومن التأثيرات الرئيسية للكافين كمادة مكملة للطاقة، أنه يساهم فى تمثيل الدهون، حيث أنه ينبه عملية تحرر الأحماض الدهنية حتى يمكن استخدام المزيد منها كطاقة. ومن ناحية أخرى، فإنه يقلل من معدل نضوب جليكوجين العضلات العاملة. وتشير بعض الدراسات العلمية إلى تحسن الأداء فى سباقات المسافات الطويلة.

ولكن من الملاحظ أن جميع المسافات التى استخدمت فى هذه الدراسات تتخطى مسافة أطول سباق فى السباحة القصيرة (١٥٠٠م حرة).

ووفقاً لذلك، فإنه من غير المرغوب فيه أن يبحث السباحون عن زيادة المكملات الغذائية **Ergogenic** من خلال تناول شرب القهوة أو تناول الأغذية التى تحتوى على الكافين قبل المنافسات.

٤ـ الأكسجين .Oxygen

إن استنشاق الأكسجين النقى قبل المنافسة كان شائعاً فى الألعاب الأوليمبية عام ١٩٣٦م عندما حصد **swept** سباحى اليابان كل السباقات عدا سباق واحد. وقيل وقتها أن ذلك قد يرجع إلى تأثير المكملات الغذائية **ergogenic**. وفى دراسات حديثة قررت نتائجها حدوث تحسن فى الأداء. ومع ذلك، فقد وُجِد أخيراً أن هذا التحسن كان نتيجة تأثير المواد الخادعة الخالية من المادة الفعالة **Placebo**، وكان تحسن أداء أفراد العينة كبيراً عندما تنفسوا الأكسجين النقى (**ويلمور** ١٩٧٢م)

إن الأكسجين لا يمكن تخزينه فى الجسم قبل المنافسة. فأى أكسجين يستنشق قبل المنافسة عادة ما يزفر قبل بدء السباق أو بعد بدايته بقليل. وتنفس الأكسجين النقى بعد السباق مباشرة إجراء غير ضرورى، لأنه لا يحسن زمن الاستشفاء. ونتيجة أن محتوى الهواء الطبيعى من الأكسجين

كافياً لأحداث تشبعاً كاملاً للدم، لذا فلا توجد حاجة لزيادة تركيزه بالدم سواء قبل السباق أو بعدة.

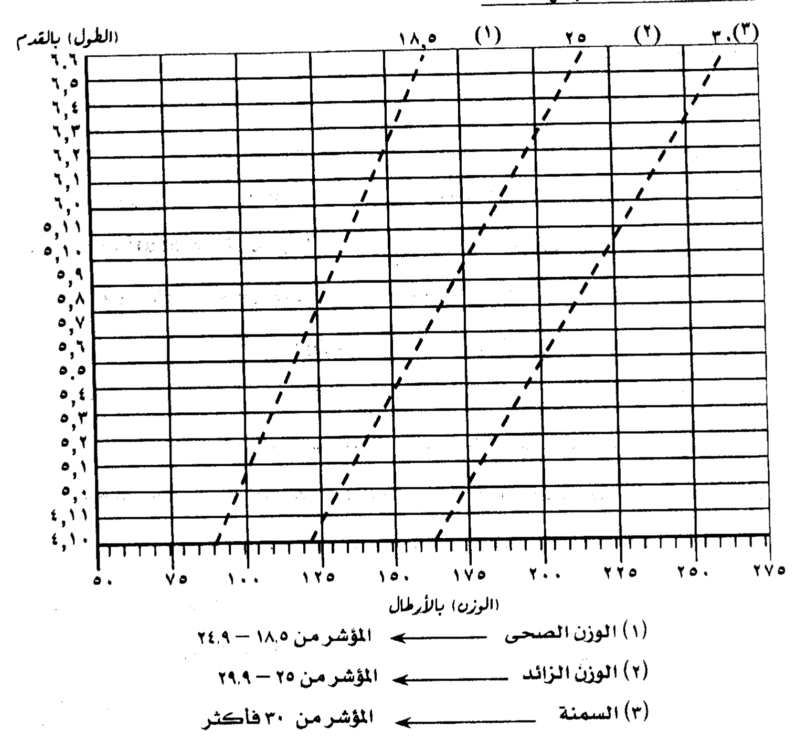
والحالة الوحيدة التى يكون فيها تنفس الأكسجين النقى مفيداً بشكل فعلى للأداء الرياضى، هو استخدامه أثناء السباق نفسه، حيث أن التشبع **Saturation** لا يصل لحدة الأقصى دائماً عندما تدخل وتخرج كمية كبيرة من الأكسجين للجسم بسرعة وذلك أثناء المنافسة. ومع ذلك، فالتركيز الأكبر للأكسجين قد يدخل الدم بقوة واندفاع أكبر ومن ثم حملة إلى العضلات العاملة. وعلى الرغم من ذلك، فإن هذا الكلام نظرى وغير مناسب للسباحين. لأنه من الصعوبة بمكان أن يحمل السباحون أنبوب من الأكسجين على ظهورهم وهم يسبحون، أو يقفون عند كل دوران يتنفسوا الأكسجين من حوض ثابت عند نهاية كل حارة ؟!!.

حساب الوزن النموذجى للرياضيين.

يشير **روبرت فرانك** ٢٠٠٤م أن حساب الوزن النموذجى يتم وفقاً لمعادلة حساب مؤشر كتلة الجسم **Body mass index** ويرمز له بـ **BMI** وتحسب كما يلى:

مؤشر حجم الجسم = وزن الجسم بالأرطال ÷ طول الجسم بالبوصة ÷ (طول الجسم بالبوصة × ٧٠٣) (علماً بأن البوصة = ٢.٥٤ سم = ١٢/١ من القدم) .

ثم يحدد وفقاً الشكل التالى.



شكل (١٥) (مؤشر كتلة الجسم BMI)

ويشترط أن يكون قياس الوزن بدون الملابس والحذاء

ومن الطرق التقليدية لحساب الوزن النموذجى هو استخدام جدول الأوزان بمعلومية طول الجسم وتفيد هذه الجداول فى مقارنة الأفراد بالآخرين من نفس الجنس والمرحلة العمرية. والجدول التالى يعبر عن المدى الدولى للوزن المثالى.



جدول (٢٠)

المدى الدولى للوزن المثالى وفقا لطول الجسم

ذكور		إناث	
الطول بالقدم	الوزن بالأرطال	الطول بالقدم	الوزن بالأرطال
٥.٢	١١٥ – ١٢١	٤.١١	٩٣ – ١٠٠
٥.٣	١٢٠ – ١٢٩	٥.٠	٩٨ – ١٠٢
٥.٤	١٢٥ – ١٣٧	٥.١	١٠٣ – ١٠٦
٥.٥	١٣٠ – ١٤٥	٥.٢	١٠٦ – ١١٢
٥.٦	١٣٥ – ١٥٣	٥.٣	١٠٩ – ١١٨
٥.٧	١٤٠ – ١٦١	٥.٤	١١٢ – ١٢٤
٥.٨	١٤٥ – ١٦٩	٥.٥	١١٥ – ١٣٠
٥.٩	١٥٠ – ١٧٧	٥.٦	١١٨ – ١٣٦
٥.١٠	١٥٥ – ١٨٥	٥.٧	١٢١ – ١٤٢
٥.١١	١٦٠ – ١٩٣	٥.٨	١٢٤ – ١٤٨
٦.٠	١٦٥ – ٢٠١	٥.٩	١٢٧ – ١٥٣
٦.١	١٧٠ – ٢٠٩	٥.١٠	١٣٠ – ١٥٨
٦.٢	١٧٥ – ٢١٧	٥.١١	١٣٣ – ١٦٣
٦.٣	١٨٠ – ٢٢٥	٦.٠	١٣٦ – ١٦٨

حيث الرطل = ١٦ أونس = ٤٥٤ جرام = ٠.٤٥٤ كيلو جرام،

القدم = ٣٠.٤٨ سم = ٠.٣٠٤ من المتر

حمل الكربوهيدرات: Carbohydrate Loading .

من المعروف لدينا جميعا أن أداء الرياضيين فى سباقات التحمل يمكن أن يتحسن خلال إجراء يعرف بـ حمل الكربوهيدرات. وقد بنى هذا الحمل على أساس دراسة أجراها **بيرجسترون وزملائه** عام ١٩٦٧م BERGSTROM & associates حيث أظهرت أن تعاقب تناول الغذاء وأداء التمرين الرياضى قد يجعل العضلات تخزن ضعف الكمية الطبيعية من الجليكوجين، وهذه الزيادة المستمرة فى جليكوجين العضلات يصاحبه تحسن فى زمن المجهود المبذول حتى الإنهاك، حيث بلغ ٣٣٪. ومنذ ذلك الحين، والعديد من السباحين وبعض الرياضين الآخرين يستخدمون هذا النظام والذى يسمى بحمل الكربوهيدرات من أجل تحسين أدائهم. وقد أصبح ذلك شائعا. وقد ظهرت عليه بعض التعديلات فى إجراءات تطبيقه خلال السنوات الأخيرة.

ولتطبيق إجراءات حمل الكربوهيدرات، فإن ذلك يتطلب ثلاثة أسابيع، ولكن بعض الأبحاث مؤخراً أشارت إلى انه يمكن تطبيقه خلال دورة من أسبوع واحد وتعطى نفس النتائج، وهى وفقاً لما يلى.

١- بداية من ٧ أيام قبل بدء المنافسات، يتم تناول أغذية قليلة الكربوهيدرات وذلك خلال ٣ أيام من هذا الأسبوع. ويتم الحصول على السعرات الحرارية فى شكل دهون وبروتين بدرجة زائدة. فالتدريب القوى لمدة ساعتين يجب أن يؤدى فى اليوم الأول من هذا الأسبوع على الرغم من نضوب الجيلكوجين بالعضلات.

فالغذاء ذو الكربوهيدرات المنخفضة سيقلل من تحرر القدر الكافى من الجليكوجين خلال اليوميين التاليين مسبباً زيادة نشاط الإنزيمات المرتبطة بعملية تخزين الجليكوجين، مما يؤدى إلى أن تزيد العضلات من مخزونها منه بقدر اكبر من المعتاد، وذلك عندما يعود الفرد مرة أخرى إلى تناول الكربوهيدرات.

٢- وفى اليوم الرابع من هذا الأسبوع، يتحول الفرد الرياضى إلى تناول الأغذية عالية الكربوهيدرات، بحيث تكون نسبتها ما بين ٧٠٪ - ٨٠٪ من اجمالى السعرات الحرارية التى يتناولها الفرد. ومع المحافظة على هذا الغذاء لمدة ثلاث أيام. فالمتاح من الكربوهيدرات بالإضافة إلى نشاط الإنزيمات الكيميائية، سوف يجعل العضلات تخزن من ٢-٣ أضعاف الكمية الطبيعة من جليكوجين العضلة. وخلال هذه الأيام يجب أن تكون الجرعات التدريبية عبارة عن تدريبات طويلة وسباحة سهلة فقط. مما يمنع استنزاف أى مقدار من الجليكوجين الإضافى الذى خُزِّن، وذلك للمحافظة عليه حتى يوم المنافسات.

ونتيجة ذلك، فإن فكرة حمل الكربوهيدرات ستجعل السباحون يدخلون المسابقات (البطولة) ولديهم من ٢-٣ أضعاف المخزون الطبيعى من الجليكوجين.



وقد يسأل البعض من الذى يحتاج للطاقة الفائقة؟، وللإجابة عن هذا السؤال، فنحن نعلم جميعاً أن أطول سباق فى سباحة المسافات القصيرة هو سباق الـ ١٥٠٠م والذى يتطلب من ١٤ - ٢٠ دقيقة فقط لأدائه. وهذا الزمن غير كافى لكى يسبب نضوب العضلات مما تحتويه من مقدار الجليكوجين الطبيعى بها. وفى مثل هذه الحالة، فهل الزيادة الإضافية من الجليكوجين ستكون مفيدة للسباح؟ وللإجابة نقول أن ذلك يعتمد على توقيت حدوث النضوب الجزئى للجليكوجين ومتى يكون مؤثراً على الأداء، وهذا يختلف من فرد لأخر، فهناك من الرياضيون من يشعر بأن النضوب للجليكوجين بنسبة ٦٠٪ - ١٠٠٪ يحدث فى عضلات محددة خلال الزمن الذى يستغرقه سباق الـ ١٥٠٠م (**تيلور** ١٩٧٥م TAYLOR).

ولاشك أن هذا سيجعل الألياف العضلية تقلل من معدلاتها للجلكزة اللاهوائية مما يمنع حدوث النضوب، فأى نقص فى الجلكزة اللاهوائية يلازمه بالطبع نقص فى سرعة الأداء. ومع ذلك فحمل الكربوهيدرات يمكن تقديره بالتعرف على مقدار التحسن فى الأداء للمسافة التى قطعها السباح داخل الماء.

ومن الممكن أيضاً أن نتوقع أن النضوب الجزئى لجليكوجين العضلة قد يعيق الأداء فى المسافات الأقصر إذا شارك السباح فى العديد من السباقات خلال البطولة ولأكثر من ٢-٣ أيام. وبالتالى فلن تكون فترة الليل بين أيام البطولة كافية لإعادة استكمال جليكوجين العضلة الذى فقد. وبالتالى فقد يكون الجليكوجين الذى تحصل علية العضلة فى الأيام الأخيرة من المنافسة غير كاف لسد الحاجة من الطاقة اللاهوائية المطلوبة فى السباقات. وعلى ذلك، فإذا خزنت العضلة من ٢-٣ أضعاف المقادير الطبيعية للجليكوجين الموجود بها، فإن النضوب قد لا يكون شديداً وبالتالى لن يؤثر سلباً على مستوى الأداء.

ومن المهم بمكان أن يكون الرياضيون على دراية تامة بإجراءات تطبيق حمل الكربوهيدرات، ويعلموا أنه قد يحدث زيادة فى الوزن ، حيث أن كل جرام

من الجليكوجين الذى يخزن فى العضلة يخزن معه ٣ جرام تقريباً من الماء، فيجب الحذر، ومن المحاذير الأخرى عند تطبيق حمل الكربوهيدرات، أنه قد يصاحب تطبيقه قلق نفسى لدى السباحين أصحاب الخبرة عندما يحرمون من التزود بالقدر الطبيعى من الكربوهيدرات، مما يصبهم بالعصبية **Nervousness** وحدة الطبع **Irritability** والضعف والدهن **Depression**. وترتبط هذه الظواهر بضعف الأداء فى التدريب نتيجة لنضوب جليكوجين العضلات. خلال الـ ٣ أيام التى يحدث فيها تخفيض كمية الكربوهيدرات فى الوجبات الغذائية، كما قد يؤدى ذلك إلى فقد السباحين للثقة فى قدراتهم على الأداء بشكل جيد أثناء السباقات.

وعلى الرغم من ذلك، فهناك تأييد **seduction** لفكرة حمل الكربوهيدرات .فالثلاثة أيام التى يخفض فيها الكربوهيدرات قد لا يحدث فيها نقص كبير فى جليكوجين العضلة المخزون . وهذا بالإضافة إلى أن بعض الرياضين يمكنهم خلال التدريب الشديد المحافظ على عضلاتهم فى حالة نضوب جزئى للجليكوجين ولفترة معقولة. كما أنه من المحتمل أن نشاط الإنزيمات المرتبطة بالجليكوجين وتخرينة قد تعمل على معادلة ما فقد عندما يأخذ الرياضيون راحة لمدة ٢-٣ أيام يتناولون خلالها طعام عالى الكربوهيدرات مما يؤدى إلى زيادة مخزون الجليكوجين بدرجة أعلى من مستواه الطبيعى قبل التدريب بدون الثلاثة أيام الأساسية ذات الطعام قليل الكربوهيدرات. فعندما يصل مخزون العضلة من الجليكوجين إلى حوالى ٣ - ٤ أضعاف مستواه الطبيعى. فإن ذلك سيكون كافياً للمد بالطاقة المطلوبة لفترة الثلاثة أيام أو أكثر التى تستغرقها بطولة السباحة.

حمل الصودا: Soda Loading.

وهذا نوع آخر من المكملات الغذائية **Ergogenic Aid** التى تفيد الأداء. ولكن فى السنوات الأخيرة، فإن الدراسات العلمية لم تحسم تأثيراتها

على الأداء. فحمل الصودا يرتبط بتناول محلول بيكروبونات الصودا قبل المنافسة ولتطبيق ذلك تتبع الخطوات الآتية.

الصودا هى عنصر قلوى، لذا فإنه يستهلك قبل السباق، ويؤدى إلى زيادة PH الدم. وإذا حدث ذلك وأصبح PH الدم اكبر من مثيلة بالعضلات، فإن المزيد من حمض اللاكتيك سوف يترك العضلات ويصبح مقدار ما يوجد منه فى العضلات قليل، وهذا يجعل الرياضين قادرون على تحمل معدلات أعلى من التمثيل الغذائى اللاهوائى دون حدوث هبوط كبير فى الـ PH.

وتشير العديد من الأبحاث المرتبطة بالأداء واستخدام حمل الصودا إلى أن PH الدم يزيد وأن كمية حمض اللاكتيك بالدم أصبحت أعلى بعد أداء مجهود أقصى، وكان مقدار التحسن فى حدود ٢-٣٪ خلال فترة زمنية من ١-٩ ق (**بات، سميت ، لامبرت ، روكيشو** ١٩٨٥م PATE, SMITH, LAMBERT & ROCCHIO) ، (**بفيفيرل ، ويكلنسون** ١٩٨٨م PFEFFEREL & WILKINSON).

إن تأثيرات مكملات الطاقة Ergogenic كمواد قلوية قد يكون تأثيراً ضعيفاً على سباقات الـ١٠٠م والمسافات الأقل حيث لا يتوفر الوقت الكافى للمقدار المؤثر لحمض اللاكتيك. وقد تكون فوائدة الرئيسية واضحة فى سباقات الـ ٢٠٠م – ٤٠٠م.

وهناك أيضاً تأثير هام لحمل الصودا على الاستشفاء للمجهود اللاحق له. حيث قرر هورسويل وزملائه ١٩٨٨م Horswill & colleagues فى دراستهم على عدد ١٠ سباحين أدوا سباحة مجموعة من (٥ × ١٠٠م) على دقيقتين راحة خلال فترة حمل الصودا وخلال الحالة الطبيعية التى ليست فيها أى تحميل. وأثبتت الدراسة حدوث تحسن بعد حمل الصودا ولكن فقط عند أداء التكرار الرابع أو الخامس من المجموعة. وكان تحسن الزمن بـ ٠.٧٥ث تقريباً فى أخر تكرارين لدى المجموعة التى استخدمت حمل الصودا. وتماثلت نتائج الأزمنة خلال الثلاث تكرارات الأولى بين المجموعتين التجريبية والضابطة. كما أن

حمض اللاكتيك بالدم ومستوى الـ PH أصبحا أعلى بعد أداء المجموعة (٥×١٠٠م) اعتقاداً بأن حمل الصودا أدى إلى سرعة خروج اللاكتيك من العضلات إلى الدم خلال فترات الراحة. وقرر أيضاً (**كنوليز** وزملائه KNOWLES & Assistants ١٩٨٩م) نفس النتائج لدى السباحين المراهقين Adolescent.

ويرى بعض العلماء أن تأثير حمل الصودا على الأداء يعتمد على استخدام الجرعة المناسبة والتوقيت المناسب مما يعطى الفرصة للصودا للدخول إلى الدم، فالجرعة الكافية تكون ما بين ٢٠٠-٣٠٠ ملى جرام من بيكربونات الصوديوم Sodium bicarbonate (Baking sodas) (الصودا المخزنة لكل كيلو جرام من وزن الجسم). وهى على وجه التقريب ١٥ - ١٦ جرام للسيدات، ٢٠-٢١ جرام المعظم الرجال. فـ ٣-٤ ملاعق شاى من الـ Baking soda ممزوجة بكوب كبير من الماء أو العصير تمدنا بهذه الكميات، ومن المفضل تناولها قبل المنافسة بـ ١ - ١,٥ ساعة.

ومن الآثار السلبية لحمل الصودا، أنها قد تسبب الإسهال Diarrhea لدى بعض الأشخاص، كما قد تؤدى إلى زيادة إنتاج القلويات التى تسبب الألم والشعور بالضعف وربما تشنج العضلات Muscle spasm وذلك فى حالة ما إذا كانت جرعتها كبيرة جداً. والطريقة البديلة لحمل الصودا هو تناول الأغذية الغنية بالقلويات قبل المنافسة. وتعتبر الفواكه وعصائرها من الأطعمة الجيدة لتحقيق هذا الغرض.

حمل الفوسفات . Phosphate Loading.

يعتبر العديد من الخبراء أن الفوسفات هو البديل لحمل الصودا لأنه قلوى وأنه يرتبط بإنزيمات معينة وتخزين المواد الغذائية عالية الطاقة فى العضلات. علاوة على أنه يساعد فى أداء فيتامينات B المركبة المختلفة لوظائفها. ومن المعتقد أن حمل الفوسفات يحسن من أداء التحمل وذلك عن

طريق زيادة استهلاك الأكسجين أثناء التمرين. ويعتقد البعض أن الفوسفات يجب استخدامه يومياً كمادة إضافية. ويوجد فى السوق باسم تجارى يسمى Stim – O- stim.

وتقرر الدراسات الحديثة أن هناك زيادة فى كلاً من الـ Vo_2max والمجهود المؤدى عند مستوى العتبة الفارقة وذلك عند إضافة ١٠٠٠ ملى جرام من فوسفات الصوديوم الثلاثى القاعدى Sodium Tribasic Phosphate أربع مرات يومياً لمدة ستة أيام. وتشير دراسة **ميلر، كريدر، ويليامز** ١٩٨٩م MILLER, KREIDER & WILLIAMS إلى حدوث تحسن فى زمن عدو ٥ ميل بلغ ١٢ ثانية. ومع ذلك، فإن العديد من الدراسات قد أخفقت فى إثبات الخصائص القياسية المكملات الغذائية Ergogenic Properties لهذه المادة. ومع ذلك، وحتى وقتنا الحاضر يمكنا القول أن نتائج حمل الفوسفات لم تحسم Inconclusive حتى الآن مثل حمل الصودا.

الكارنتين Carnitine:

الكارنتين هو مركب عضوى Organic Compound ينتج فى الجسم، وتمثل وظائفه كجزء من أنزيم كارنتين بالمثيل ترانسفير آيز Carnitine Transferase Enzme الذى يستخدم فى تحرر الأحماض الدهنية حتى يمكنها دخول دورة كربس واستخدامها كالطاقة، والتأثير الرئيسى لاستخدام هذه المادة هو الاعتقاد بأنها تزيد من استهلاك الدهون أثناء التدريب الرياضى وأثناء السباقات طويلة المسافة، مما يجعل جليكوجين العضلات العاملة احتياطياً لاستخدامه فيما بعد.

إن خصائص مكملات الطاقة Ergogenic للكارنتين غير واضحة على الرغم من شيوع استخدامها. وتشير الدراسات الحديثة – وهى قليلة – والتى تمت حول تأثيرات المواد المنظمة Placebo أن تناول هذه المادة كمادة إضافية

لا تقلل من مستوى حمض اللاكتيك بالدم أو تزيد من مقدار الطاقة التى تنتجها الدهون أثناء المجهود الطويل (**ويليامز** WILLIAMS ١٩٨٩).

دى هيدروكسياكيتون، البيروفيك Dihydroxyacetone & Pyruvate:

تستخدم هذه المادة فى تخزين الجليكوجين، لذا، فإنه من المعتقد أن تناول المزيد منها قد يحسن من عملية التزود بالجليكوجين فى العضلات، وعلى الرغم من أن البحوث التى تمت على هذه المادة قليلة، إلا أن لها خصائص الطاقة المساعدة للأداء **Ergogenics**، وأن تناولها يومياً بمقدار يبلغ إجمالاً ٤٠٠ سعر حرارى قد حسن زمن الوصول للإنهاك من ٦٦ دقيقة إلى ٧٩ دقيقة بعد سبعة أيام لدى الأفراد الذين خضعوا لإحدى الدراسات (**ستانكو وآخرون** **STANKO, et al.** ١٩٨٩م).

❊ ❊ ❊ ❊ ❊ ❊ ❊

تم بحمد الله



References

1- ***Anderson, D.S., & Sharp, R.L., (1990):*** Effect of muscle glycogen depletion on Protein Catabolism during exercise, Medicine and Science in Sports and Exercise 22(2). S 59.

2-***Astrand, P.O., & Rodahl, K., (1977):*** Textbook of work physiology, New York: McGraw – Hill.

3-***Bangsbo, J., P.D. Gollnick, T.E. Grahan, C. Jeul, B. Kie, M. Mizuno, and Saltin, (1990):*** Anaerobic energy production and O_2 deficit – debt relationship during exhaustive exercise in humens. Journal of physiology, 422:539-559.

4-***Beltz, J.D., D.L. Costill, R. Thomas, W.J. Fink, and J.R. Kirwan, (1988):*** Energy demand of interval training for Competitive swimming, J Swim. Research, 4(3): 5-9.

5-***Brooks, G.A., and T.D. Fahey, (1984):*** Exercise physiology: Human Bioenergetics and Its Applications. New York: John Wiley & Sons.

6-***Brooks, G.A., T.D. Kahey T.P. White, and K.M. Baldwin, (1996):*** Exercise physiology, Human Bioenergetics and its Applications, mountain view, CA: Mayfield, Com. Publishing, U.S.A.

7-***Buskirk, E.R., and Haymas. E.M., (1972):*** Nutritional requirements for women in sport, Proceedings of National Research conference sponsored by the college of Health, physical Education and Recreation, Pennsylvania State University.

8-***Costill, D.L., (1978a):*** Fluids for Athletic performance: Why and what should you Drink During Prolonged Exercise? Toward an Understanding of Human Performance, ed. EJ. Burke, PP. 63-67. Ithaca, New York: Movement publications.

9-***Costill D.L., (1978):*** "Sports Nutrition: The Role of carbohydrates" Nutrition news, 41:1.4., U.S.A.



10-***Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwin, J.A. Houmard, J.B. Mitchell, R. Thomas, And S.H. park, (1988):*** effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance, Medicine and Science in Sports and Exercise , 20 (3) 249- 254.

11-***Donovan, C.M. and M.J. Pagliassolt, (1990):*** Enhanced efficiency of Lactate removal after endurance Training, Journal of Applied Physiology, 68: 1053-1058.

12-***Dudley, G.A., Abraham, & R.L. Terjung, (1992):*** influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle, J. App. Physiol., 53 (4): 844 – 850.

13-***Fitts, R.H., and, J.J. Widrick, (1996):*** Muscle mechanics: Adaptations with exercise Training, In Exercise and Sport Sciences Reviews, Vol. 24, edited by J.o. Holloszy, 427-473: Baltimore: Williams & Wilkins.

14-***Gollnick, P.D., and Hodgson, (1986):*** Enzymatic adaptation and its significance for metabolic response to exercise, In Biochemistry of Exercise VI: international series on sport sciences, Vol. 16 edited by Saltines 199-200. Champaign, Il: Human Kinetics.

15-***Green, H.J., J.R. Sulton, G. Coutes, M.ali, and Jones,s., (1991):*** Response of red cell and plasma volume to prolonged Training in human, Journal of Applied physiology, 70(4): 1810 - 1815.

16-***Hill, D.W., and, A.L. Rowell (1997):*** Responses to exercise at the velocity associated with Vo_2 max, Medicine and Science in Sports and Exercise, 29 (1) : 113 – 116, U.S.A.

17-***Houston, M.E., (1978):*** Metabolic responses to exercise with special reference to training and competition in swimming, In Swimming Medicine IV, edited by B. Eriksson and B. Furberg, 207 – 232, Baltimore: University park press, U.S.A.



18-***Hultman, E.K. soderlund, J.A. Timmons, G. cederblad, and P.L. Greenhaff, (1996):*** Muscle creatin loading in man. J. Appl. Physiol. 81 (1) : 232 – 237.

19-***Hultman, E.M. Bergstrom, L.L. Spriet, and K. Soderlund, (1990):*** Energy metabolism and fatigue, In Biochemistry of Exercise, VII, international series of sport science, vol. 21, edited by A.W. Taylor, P.D Gollnick, H.J. Greene C.D. Lanuzzo, E.G. Noble G. Metivier, and J.R. Sutton, 73 – 92, Human kinetics.

20-***Jackson, A.j., Morrow, JR.,D. Hill, and R. Dishman, (1999):*** Physical Activity for Health and Fitness, champaign, IL: Human Kinetics, U.S.A.

21-***Jacobs. I., M. Esbjornsson, C. sylvan, I. Holm, and E. Jansson, (1987):*** sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, Fiber types, and blood lactate, Medicine and Science Sports and Exercise, 19 (4): 368 – 374.

22-***Katz, A., Broberg, K. Sahlin, and J. Wahren, (1986):*** Muscle ammonia and amino acid metabolism during dynamic exercise in man, Clinical Physiology, 6: 365 – 379.

23-***Lamb, D.R., (1984):*** Physiology of Exercise, Responses & Adaptations, 2nd ed., Macmillan publishing company, New York.

24-***Mac Dougall, J.D., Ward, G.R., Sale D.C., and Sutton, J.B., (1975):*** Muscle Glycogen Repletion After High intensity intermittent Exercise, J. Appl. Physiol., 42: 129 – 132, U.S.A.

25-***Mac Rae, H. S.H., S.C.D ennis, A.N. Bosch, and T.D. Noakes, (1992):*** Effects of training on lactate production and removal during progressive execise in humen, J.Appli. Physiol., 72 (5) 1649- 1656.

26-***Mader*, A., H. Heck, and W. Hollmann, (1976):** Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post – exercise Lactic acid concentration or ear capillary blood in middle distance runners and swimming in exercise physiology, edited by F. landing and W. orban, 187-199, Miami, Fl: symposia specialists, U.S.A.



27-***Maglischo*, E. W., (2003):** Swimming fastest, the essential reference on technique, training and program design, Human Kinetics publishing, U.S.A.

28-***Maglischo*, E.W., (1993):** Swimming Even faster, May Fiald publishing company, California state university, U.S.A.

29-***Maglischo* E.W., (1982):** Swimming faster, May Field publishing company, California state university, U.S.A.

30-***Mathews, D.K., and Fox, E.L., (1976):*** The physiological Basis of physical Education and Athletics. Philadelphia: W.B. Saunders.

31-***Morehouse, L.E., and Miller, A.T., (1971***): Physiology of Exercise, ST. Louis Mosby, U.S.A.

32-***Moughan, R.J., (1995***): Creatine supplementation and exercise performance, International Journal of Sports Nutrition, 5: 44-101.

33-***Mc Ardle, W.D., F.I. Katch, and V.L. Katch, (1996):*** Exercise physiology: Energy, Nutrition, and Human performance, Baltimore: Williams & Wilkins.

34-***Mc Ardle W.D., Katch, F.I., & Katch, V.L., (1981):*** *Exercise Physiology, Philadelphia: Lea and Febiger.*

35-***Olbrecht, J., (2000):*** Planning, periodization, Training, competing, and winning, New York; Sports Resources Group.

36-***Phillips, S.M., H.J. Green, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Grant, (1995):*** Increased clearance of Lactate after short- term training in men, J. Appl. Physiol. 79 (6): 1862 – 1869.

37-***Robert C. France, (2004):*** introduction to Sports Medicine & Athletic Training, Thomson Delmar learning published, New York.

38-***Ron Maughan, and Michael Gleeson, (2004):*** *The Biochemical Basis of Sport Performance, Oxford University Press Published, New York,*



39-***Serresse, O., G. Lortie, C. Bouchard, and M.R. Boulay, (1988):*** Estimation of the contribution of the various energy systems during Maximal work of short duration, International Journal of Sports Medicine, 4 (6): 456-460.

40-***Shapp, R.L., L.E. Armstrong, D.S. King, and D.L. Costill, (1983):*** Buffer capacity of blood in trained and untrained males. Biochemistry of Exercise: International Journal of Sports Medicine, 9 (6): 461-469.

41-***Shephard, R.J., (1982):*** Physiology and Biochemistry of Exercise, New York. Praegener.

42-***Sjodin, B., and I. Jacobs, (1981):*** onset of blood lactate accumulation and Marathon running performance, International Journal of Sports Medicine, 2:23-26.

43-***Taylor, A.W., (1975):*** "The Effect of Exercise and Training on the Activites of Human skeletal Exercise, D.H. Howold and J.R. Poortmans, PP: 451 – 462, Basel: Birkauser Verlage, U.S.A.

44-***Treffene, R.J., R. Bickson, C. Craven, C. Osborne, K. Woodhead, and K. Hobbs, (1980):*** lactic acid accumulation during constant speed swimming at controlled relative intensities, J. Sports Medicine, 20: 244 – 254.

45-***Troup, J., Reese, R., (1983):*** A scientific Approach to the sport of swimming, scientific sports, Inc. Gainesville, U.S.A.

46-***Van Handel, P.J., a. Katz, J.R. Morrow, J.P. Troup, J.T. Daniels, and P.W. Bardley (1988):*** Aerobic economy and competitive swimming performance of U.S. elite swimmers. In swimmers. In swimming science V: International series on sport sciences, Vol. 18. edited by B.E. Ungerechts, K. Wilke, and k. Reischle, 219-227 Champaign, Il. Human kinetics, U.S.A.

47-***Wilmore, J, H., and D.L. Costill, (1999):*** Physiology of sport and Exercise, Champaign, IL: Human Kinetics. U.S.A.



رقم الإيداع بدار الكتب المصرية
٢٠٠٥/٢٣١٧٤

الترقيم الدولى I.S.B.N
977-294-355-7



الإخراج الفنى والطباعة والنشر
المركز العربى للنشر

شارع الخليفة الراشد - حى السلام - الزقازيق - محافظة الشرقية - ج.م.ع

ت - ٠٥٥٢٣٠٢٣٢٣ - ٠١٢١٠١١٦٧٩

توزيع
مركز الكتاب للنشر

٢١ شارع الخليفة المأمون - القاهرة - مصر الجديدة - ج.م.ع

ت: ٢٩٠٨٢٠٣ - ٢٩٠٦٢٥٠ فاكس ٢٩٠٦٢٥٠